

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



ZMĚNY SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO REŽIMU V OBLASTI ŠUMAVY

**CHANGES OF RAINFALL-RUNOFF REGIME IN THE ŠUMAVA / BOHEMIAN
FOREST REGION**

Diplomová práce

Ondřej Fiala

2017

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Řevnicích dne 13. 8. 2017

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych v první řadě poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Zdeňku Klimentovi, CSc. za pomoc při tvorbě práce, za cenné rady, zkušenosti a kritiku. Dále bych poděkoval své rodině, která mě po celou dobu studia finančně i psychicky podporovala, a také spolužákům, kteří mi při tvorbě samotné práce také velmi pomohli a podporovali.

Zadání diplomové práce

Název práce

Změny srážko-odtokového režimu v oblasti Šumavy

Cíle práce

Zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Práce bude zahrnovat rešeršní a aplikační část. Rešeršní část bude věnována metodice hodnocení změn odtokového režimu a příčinám změn srážko-odtokového režimu s využitím našich a zahraničních odborných studií zaměřených na středoevropský prostor. V aplikační části bude provedena analýza trendu a změn srážko-odtokového režimu v dlouhodobých časových řadách meteorologických a hydrologických charakteristik pro vybraná povodí vztažená k vodoměrným profilům jak na české (závětrné), tak na německé a rakouské (návětrné) straně Šumavy. Při analýze budou využity vhodné statistické nástroje (analýzy trendu, testy homogenity, geostatistické přístupy).

Datum zadání: 30. 11. 2013

Jméno studenta: Bc. Ondřej Fiala

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: doc. RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Podpis vedoucího práce:

ZMĚNY SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO REŽIMU V OBLASTI ŠUMAVY

Abstrakt:

Cílem této práce je zhodnocení změn srážko-odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří z časového a prostorového hlediska. Práce zahrnuje rešeršní a aplikační část. Rešeršní část je věnována metodice hodnocení změn srážko-odtokového režimu a jejich možným příčinám. V aplikační části je provedena analýza trendu srážko-odtokového režimu pro dlouhodobé časové řady průměrných a minimálních ročních a měsíčních průtoků a také ročních a měsíčních srážek pro vybrané vodoměrné a srážkoměrné stanice v české, německé a rakouské části Šumavy pomocí testů absolutní a relativní homogenity a Mann - Kendallova testu pro dlouhodobý trend. Výsledky práce ukázaly významné změny v sezonalitě srážek i odtoku. Jedním z hlavních motivů práce je zjištění případného orografického efektu, tedy rozdílu mezi návětrnou a závětrnou stranou Šumavy. V závěru jsou zhodnoceny a diskutovány dosažené výsledky, které jsou porovnány s odbornou literaturou.

Klíčová slova: absolutní homogenita, krajinný pokryv, Mann - Kendallův test, odtok, povodí, průtok, relativní homogenita, sezona, srážky, trend, Šumava

CHANGES OF RAINFALL-RUNOFF REGIME IN THE ŠUMAVA / BOHEMIAN FOREST REGION

Abstract:

The goal of this thesis is the evaluation of changes in rainfall-runoff regime in the Šumava region from time and spacial point of view. The thesis includes research and applied part. The research part is dedicated to the methods of evaluation of runoff changes and their possible causes in the Šumava region. In the applied part there is an analysis of precipitation - runoff regime for long-term time series of average annual and monthly discharges and also annual and monthly precipitations for selected gauging stations in Czech, German and Austrian part of Šumava using absolute and relative homogeneity tests and Mann - Kendall test for long-term trend. The results of this thesis showed significant changes in rainfall and runoff seasonality. One of the main aims of this thesis is the identification of possible orographical effect or the difference between windward and leeward part of Šumava. In conclusion the achieved results are evaluated, discussed and compared with subject publications.

Key words: absolute homogeneity, land-use, Mann - Kendall test, runoff, basin, discharge, relative homogeneity, season, precipitation, trend, Šumava

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 REŠERŠE	10
2.1 SHRnutí DOSAVADNÍCH POZNATKŮ A METOD	10
2.2 VLIV KLIMATU A JEHO ZMĚN NA ODTOK.....	12
2.3 VLIV OROGRAFIE NA ODTOK	16
3 METODIKA	17
3.1 VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	17
3.1.1 Základní informace o povodích	18
3.1.2 Výšková členitost	20
3.1.3 Sklonitost svahů	22
3.1.4 Orientace svahů a expozice	22
3.1.5 Krajinný pokryv	26
3.1.6 Klimatické poměry	33
3.1.7 Srážkové poměry	33
3.1.8 Odtokové poměry	41
3.2 HODNOCENÍ ZMĚN	48
3.2.1 Testy absolutní homogenity	49
3.2.2 Testy relativní homogenity	49
3.2.3 Mann - Kendall test	50
3.2.4 Orografická metoda	51
3.3 ZDROJE DAT	52
3.3.1 Digitální model reliéfu	52
3.3.2 Hydrologická a klimatická data	53
3.3.3 Data krajinného pokryvu	55
4 VÝSLEDKY	56
4.1 TESTOVÁNÍ SRÁŽEK.....	56
4.1.1 Testy absolutní homogenity srážek	56
4.1.2 Srážkové trendy.....	58
4.2 TESTOVÁNÍ PRŮTOKŮ.....	65
4.2.1 Testy absolutní homogenity průtoků	65
4.2.2 Testy relativní homogenity průtoků.....	68
4.2.2 Odtokové trendy.....	70
4.3 KOMBINACE SRÁŽEK A PRŮTOKŮ.....	84

4.3.1 Srážky na povodí	85
4.3.2 Odtokový koeficient.....	85
5 DISKUZE	87
6 ZÁVĚR	90
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	91
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	97
SEZNAM TABULEK	98
SEZNAM OBRÁZKŮ	99

KAPITOLA 1

Úvod

Srážko-odtokový proces a jeho změny patří k nejvýznamnějším přírodním procesům probíhajícím v krajině. Patří k závažným globálním problémům majícím za následek sucha i povodně v mnoha oblastech světa a největší dopady mají zejména na obyvatelstvo v rozvojových zemích. V České republice jsou tyto změny pozorovány a studovány zejména v horských a podhorských oblastech v povodí horních toků českých řek a jejich přítoků, protože právě zde jsou nejlépe postihnutelné a lze tu provádět příslušná vodohospodářská opatření, která mohou mít vliv i na oblasti v nížinách.

Tato práce se zabývá změnami srážko-odtokového režimu oblasti české, německé i rakouské části Šumavy. Šumava byla vybrána jako reprezentativní horská oblast ČR, kde v minulosti docházelo k významným přírodním i antropogenním změnám, které měly vliv i na odtokový proces. Atmosférickými srážkami v oblasti Šumavy a jejich změnami se již dříve zabýval Prančl (1973) a později Lejsková (2000). Šumava rovněž patří k oblastem dlouhodobě zkoumaným Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009, 2011) i ve spolupráci s Německem (Bernsteinová et al., 2015) a na tento výzkum má tato práce navazovat. Tato práce rovněž navazuje na předchozí bakalářskou práci (Fiala, 2012), která se však zabývala zejména změnou odtokového režimu pouze v české části Šumavy a změny srážek zkoumala jen okrajově.

Hlavním cílem této práce je zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska. Jde zde nejen o shrnutí dosavadních poznatků o změnách odtokového režimu v oblasti Šumavy, ale i o hledání jejich vzájemných souvislostí a jejich ověření pomocí analýzy dlouhodobých časových řad. Práce zahrnuje rešeršní a aplikační část.

Rešeršní část je věnována metodice hodnocení změn srážko-odtokového režimu a také možným příčinám těchto změn. V aplikační části je provedena analýza trendu srážko-odtokového režimu pro dlouhodobé časové řady vybraných odtokových charakteristik pro vybrané vodoměrné stanice v povodí horní Otavy, Ostružné, Volyňky, horní Blanice a Teplé Vltavy v české části, v povodí řek Regen a Ilz v německé části a v povodí řek Ranna, Kleine Mühl, Grosse Mühl a Grosse Rodl v

rakouské části Šumavy. Měsíční a roční hodnoty srážek stejně jako průměrné i minimální měsíční a průměrné i minimální roční hodnoty průtoků jsou analyzovány pomocí Mann - Kendallova testu za účelem zjištění dlouhodobého trendu změn. Homogenita časových řad srážek a průtoků je zde zkoumána pomocí testu absolutní homogenity (Mann-Whitney-Pettit test) i relativní homogenity (Alexanderssonův test). Dále jsou zde analyzovány změny krajinného pokryvu jako jedna z možných příčin změn v odtoku a také závislost množství srážek na nadmořské výšce v jednotlivých částech Šumavy s cílem zachytit případný orografický efekt, tedy rozdíl mezi návětrnou (německou a rakouskou) a závětrnou (českou) stranou Šumavy.

Hypotézou této práce je, že ve vyšších polohách se očekávají největší změny odtoku v návaznosti na změny ve srážkových úhrnech a změny jejich skupenství v souvislosti se vzestupem teplot vzduchu. V nižších polohách se největší změny v odtoku dají naopak očekávat v souvislosti se změnami v land-use, zejména ve druhé polovině 20. století (zejména 70. a 80. léta) v české části Šumavy, kdy zde docházelo k zemědělské kolektivizaci a intenzifikaci. Naopak na německé a rakouské straně Šumavy se podobně výrazné změny v odtoku v souvislosti s odlišným vývojem zdejšího osídlení a lidské činnosti neočekávají. V případě změn ve srážkovém režimu se dají očekávat jejich výraznější projevy na návětrné (německé a rakouské) straně Šumavy více než na závětrné (české) straně vzhledem k celkové expozici vůči převládajícím západním vzdušným hmotám přinášejícím srážky.

V dalších horských oblastech České republiky byly zpracovány odborné studie týkající se podobných témat – např. pro povodí Rolavy v Krušných horách (Ledvinka, 2008) či Opavy v Jeseníkách (Královec, 2009) nebo pro celou ČR (Brázdil, 1986 a Fiala, 2008). Ze zahraničních prací bychom mohli uvést příklady pro Německo (Eckhard, Ulbrich, 2003, Zolina et al., 2008 nebo Zimmermann et al., 2000), Polsko (Kaczmarek, 1996) nebo Slovensko (Hlavcová, Čunderlík, 1998) v případě sousedních států. Ze zbytku Evropy uveďme např. Švýcarsko (Birsan et al., 2005), Švédsko (Alexandersson, 1997), Nizozemsko (Buishand, 1981) nebo Černou Horu (Tošič, 2004). Byly zkoumány rovněž celoevropské srážky (Zveryajev, 2006). Z mimoevropských studií se podobnou problematikou zabývali např. v Indii (Basistha, 2009), v Turecku (Kahya, Kalayci, 2004) nebo v Číně (Xiong, Guo, 2004). V závětu této práce jsou výsledky diskutovány s některými tuzemskými i zahraničními studiemi za účelem porovnání obecných trendů srážek a průtoků v rámci České republiky i celé střední Evropy.

KAPITOLA 2

Rešerše

2.1 Shrnutí dosavadních poznatků a metod

Jak již bylo naznačeno v úvodu, srážko-odtokový proces je velice komplexní děj, jehož příčiny, průběh i následky jsou zkoumány po dlouhou dobu a téměř po celém světě. Při tomto výzkumu jsou přitom zkoumány různé typy dat, které se liší jak svou kvantitou (četnost pozorování a délka časové řady), tak i kvalitou (homogenita a úplnost řad). Tyto parametry společně s charakteristikou zájmového území mají vliv na použité metody hodnocení.

Pro hodnocení dlouhodobého trendu časových řad teplot vzduchu, atmosférických srážek a průtoků v řádu desítek let mnoho autorů studií používá tzv. Mann-Kendallův test (více v kap. 3.2.3). Tento test umožňuje zjistit velikost i směr trendu i v případě neúplných časových řad, což představuje velkou výhodu oproti jiným testům. Postupně nahradil dříve hojně používaný Spearmanův test, a jak ukázaly některé studie, Mann-Kendall je vhodnější pro hodnocení delších časových řad (Yue et al., 2002).

Byl použit například pro detekci trendu pro měsíční i sezónní data teplot, srážek i průtoků ve Švýcarsku. Umožnil tak identifikovat významné úbytky srážek na jaře a nárůsty v zimě a počátkem jara v návaznosti na vzestup teplot vzduchu, na což reaguje i vzestup průtoků ve stejném období (Birsan et al., 2005). Podobné využití našel tento test také při hodnocení ročních průměrů teplot vzduchu a ročních úhrnů srážek v severovýchodních státech USA. Také zde bylo hlavním cílem zachycení dlouhodobých trendů v souvislosti s probíhajícími globálními klimatickými změnami (Karmeshu, 2012). Byl použit rovněž pro analýzu extrémních průtoků za účelem odhalení rizik sucha nebo povodní v Duryňsku (Danneberg, 2012).

Dalším důležitým aspektem je kvalita dat, zejména jejich homogenita. Pro její testování existuje celá řada různých testů. Mezi testy absolutní homogenity, kdy se testuje vždy jen jedna časová řada nezávisle na ostatních, patří například metoda Von Neumanna, kumulativní deviace, Worsleyho pravděpodobnostní test, Bayesiánské procedury a další metody, jejichž vhodnost pro analýzu srážkových řad ve své práci popsal T. A. Buishand (Buishand, 1982).

Pro účely testování absolutní homogenity časových řad v této práci byl však použit Mann–Whitney–Pettitt test, který dokáže identifikovat i bod zlomu (více v kap. 3.2.1). Tento test byl použit například pro analýzu homogenity srážkových úhrnů na povodí Vydry a Grosse Ohe na Šumavě (Bernsteinová et al., 2015) nebo hodnocení homogenity ročních srážkových úhrnů v Irsku (Kiely et al., 1998).

Mezi testy relativní homogenity, kdy se testovaná časová řada porovnává se vzorovou řadou se zajištěnou homogenitou, patří například Alexanderssonův test (více v kap. 3.2.2.). V této práci byl tento test použit k testování relativní homogenity řad průměrných ročních průtoků, ale lze ho použít i pro testování řad srážkových úhrnů (Alexandersson, 1986) nebo řad teplot vzduchu (Alexandersson, Moberg, 1997).

Dalším důležitým aspektem této práce bylo převedení srážkových úhrnů z jednotlivých stanic na plochu příslušného povodí. Pro tento účel se používá několik metod, přičemž záleží jak na rozloze a členitosti zájmového území, tak i na rozmístění jednotlivých stanic z pohledu vzájemné vzdálenosti, expozice i rozdílné nadmořské výšky. První z těchto metod je kriging, kde jsou interpolované hodnoty modelovány Gaussovským procesem podle kovariancí. V případě rovnoměrného rozmístění stanic v prostoru dává kriging nejlepší předpověď střední hodnoty. Bývá často používán pro interpolaci srážkových úhrnů (Chua, Bras, 1982). Další interpolační metodou je spline, kde jde o aproximaci křivky, která může být definována množinou souřadnic bodů, jimiž má procházet. Pro zajištění dojmu spojitosti je zde důležitá jemnost daná dostatečným počtem vypočítaných bodů (dostupných stanic). Tato metoda se rovněž používá pro plošnou interpolaci teplotních či srážkových dat (Hutchinson, 1995).

Pro účely této práce se ukázala jako nejvhodnější tzv. orografická metoda, kde se využívá rovnice regresní přímky v grafu závislosti srážkových úhrnů na nadmořské výšce jednotlivých stanic (více v kap. 3.2.4). Její výhodou na rozdíl od výše jmenovaných interpolačních metod je absence nutnosti rovnoměrného rozmístění stanic v zájmové oblasti, což je i případ Šumavy. Tuto metodu pro výpočet srážek na povodí použili např. Šercl (2008), Královec (2009) nebo Šmídová (2009). Pro výpočet teploty vzduchu nebo výšky sněhové pokrývky tuto metodu použila např. Chalušová (2004). Použita byla rovněž například pro výpočet srážkových úhrnů na jednotlivá povodí ve Švédsku s rozdílnou expozicí vůči převládajícím větrům (Johansson, Chen, 2003).

2.2 Vliv klimatu a jeho změn na odtok

Vliv klimatu a jeho změn na životní prostředí, potažmo na odtok, je velmi komplexním systémem. Záleží při tom, zda působí pouze v regionálním, nebo v globálním měřítku. Zatímco v případě regionálního měřítka mohou být následky klimatické změny kromě globálního vlivu ovlivněny také vlastní rezistencí daného regionu vůči zranitelnosti, v globálním měřítku se klima mění v důsledku většinou přirozených globálních příčin za spoluúčasti lokálních příčin, které bývají často antropogenně podmíněné (Gerstengarbe et al., 2003).

V případě zájmové oblasti zkoumané v této práci mají největší vliv na odtok změny srážkových úhrnů a jejich skupenství. Tyto změny mohou souviset mimo jiné s globální změnou atmosférické cirkulace, která se projevuje ve změně četnosti a době jednotlivých synoptických typů v Evropě.

V roce 2007 Cahynová a Huth analyzovali četnost a dobu trvání jednotlivých synoptických typů na území ČR (tehdejšího Československa) v letech 1946 – 2002. Vzhledem k velikosti a blízkosti zkoumaného území lze tyto údaje použít i pro oblast Šumavy s přesahem do Německa a Rakouska. Tab. 1 ukazuje, že největší četnost má typ Wc (západní cyklonální) s téměř 33 dny ročně a průměrnou délkou trvání 3,9 dne. Nejdelší průměrnou dobu trvání 6,7 dne však měl typ Wal (západní anticyklonální letního typu). Autoři ve studii použili test homogenity na posun průměru (SNHT), jehož výsledky ukazují, že například došlo k výraznému nárůstu četnosti typu Wc a naopak k poklesu četnosti typu Ea (východní anticyklonální) a že k těmto změnám docházelo nejčastěji v 70. a 80. letech 20. století. K výraznějším změnám však došlo v případě průměrné délky trvání jednotlivých synoptických situací, kdy u většiny typů došlo k jejich zkrácení. Podobné trendy zkrácení doby trvání jsou i v případě celých skupin synoptických typů, jak ukazuje tab. 2. Zde je také vidět největší četnost Z a SZ proudění a nejmenší četnost V a SV proudění, ovšem bez významných dlouhodobých změn (Cahynová, Huth, 2007).

Zajímavé trendy se rovněž ukazují v případě ročních období. Jak ukazuje obr. 1, ve všech ročních obdobích kromě léta se zvyšuje četnost dní s cyklonálním typem a naopak anticyklonálních dnů ubývá. Nejvýrazněji je to vidět v případě podzimu. Četnost Z a SZ typů rostla zejména v zimě, v létě a na podzim v období od 60. do poloviny 90. let, což odpovídá kladné fázi Severoatlantické oscilace (NAO). Poté jejich

počet prudce klesá zejména ve prospěch situací s neurčeným směrem proudění (Cahynová, Huth, 2007). Všechny tyto skutečnosti mohou hrát důležitou v dlouhodobých změnách celkových úhrnů a sezónnosti srážek a tím pádem i v hodnotách a sezónnosti odtoku v jednotlivých částech Šumavy. Týká se především změn v četnosti cyklonálních situací a trendů ve směru převládajícího proudění.

Tab. 1: Průměrná četnost (dny) a doba trvání jednotlivých synoptických typů

typ	prům. četnost	rok změny	změna (dny)	prům.délka	rok změny	změna (dny)
Wc	32,6	1973	15,6	3,9		
Wcs	12,4			4,1	1974	-1,5
Wa	12,5	1977	-6,2	3,6	1976	-1,1
Wal	12,6			6,7		
Nwc	18,2			3,4	1969	-1,0
Nwa	6,2			3,3	1975	-0,9
Nc	13,3			3,5	1975	-2,4
NEc	18,5			3,6	1984	-1,1
NEa	12,1			3,5	1972	-0,8
Ec	16,3			3,7	1977	-1,7
Ea	15,8	1970	-11,6	3,6	1973	-1,1
SEc	10,4	1971	8,2	3,3	1975	-1,4
SEa	7,5			3,5	1977	-1,7
Sa	8,0			3,3	1974	-1,1
SWc1	11,1	1990	9,8	3,6	1976	-1,7
SWc2	19,3			3,6	1974	-1,5
SWc3	13,2			3,6	1978	-1,0
SWa	8,9			3,3	1969	-1,0
A	21,2	1990	-10,3	4,2	1973	-1,3
C	12,5			4,3	1973	2,5
Cv	3,4	1972	3,3	2,6		
B	32,6	1982	-16,3	4,4	1976	-1,3
Bp	17,3	1997	22,0	2,7	1949	-1,5
Vfz	10,3			3,6	1973	-1,9
Ap1	3,4	1967	2,6	1,4	1987	-0,4
Ap2	8,6	1976	6,9	1,6	1950	-0,9
Ap3	4,9	1986	5,4	1,9	1947	-2,7
AP4	2,1			2,0	1982	-1,0

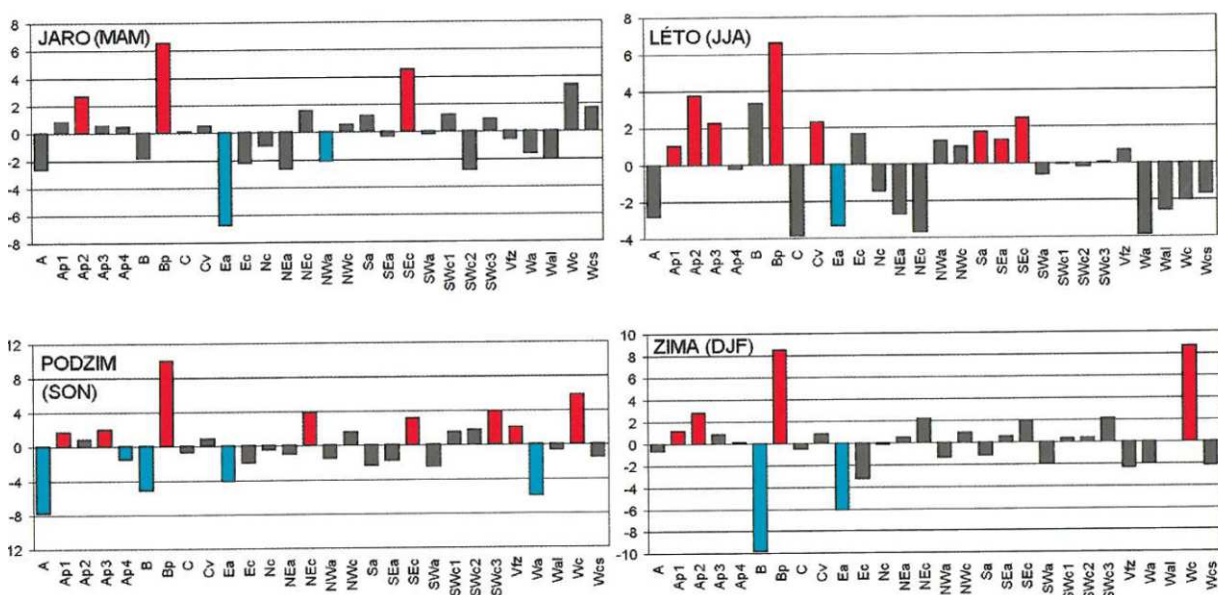
Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

Tab. 2: Průměrná roční četnost (dny) a doba trvání skupin synoptických typů

směr proudění	prům. četnost	rok změny	změna (dny)	prům.délka	rok změny	změna (dny)
S+SV	43,9			3,5	1973	-1,2
V+JV	49,9			3,6	1976	-1,4
J+JZ	60,6			3,5	1974	-1,0
Z+SZ	94,5			3,9	1973	-1,1
neurčitý	116,3	1962	23,2	3,1	1976	-1,4
cyklonalita						
C	227,8	1974	24,2	3,7	1973	-1,2
A	123,8	1974	-22,1	3,2	1974	-1,3
neurčitý	13,6	1997	11,0	3,3	1970	-1,1

Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

Obr. 1: Lineární trendy sezónního počtu dní s daným typem cirkulace (1946 - 2002)



Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

Pokud jde o změny srážkových úhrnů a jejich sezonality, většina studií napříč celou Evropou ukazuje pokles jarních srážek a letních průtoků a významný nárůst srážkových úhrnů koncem zimy a návazný vzestup průtoků počátkem jara. Například v povodí Váhu na Slovensku to může v roce 2075 být až trojnásobný podíl březnových průtoků oproti roku 2010 (Hlavčová, Čunderlík, 1998). Větší míra extremity srážkových úhrnů v posledních 50 letech a její vliv na odtok byla prokázána i ve Vysokých Tatrách (Bičárová, Holko, 2013).

Klimatickým a hydrologickým suchem na evropské úrovni se rovněž zabývala celá řada odborných studií. Zkoumána byla jak celá Evropa (Hisdal et al., 2001), tak i její části – např. severní a střední Evropa (Heino et al., 1999) nebo Pobaltí (Graham, 2004). V mimoevropských studiích zabývajících se suchem bývají nejčastěji zkoumány semiaridní oblasti, kde bývají dopady sucha nejzávažnější (Al-Faraj et al., 2014).

Dalším důležitým klimatickým aspektem jsou tzv. hydroklimatické fluktuace vodních toků, kde se projevují změny hlavních složek vodního cyklu: srážkové úhrny a evapotranspirace. V případě evropských vodních toků s nejdelšími řadami průtoků (některé již od roku 1800) tak lze vysledovat skutečně dlouhodobé klimatické trendy a zjistit tak kladnou či zápornou hydrologickou bilanci v jednotlivých obdobích i povodích (Probst, 1989).

Posledním důležitým aspektem jsou změny klimatu v součinnosti se změnami ve využití krajiny (land-use). Zejména v menších povodích mají změny v land-use podstatný vliv na změnu odtoku, obzvláště v případě povodní. Tento efekt se může sčítat se vzrůstajícími zimními srážkovými úhrny ve druhé polovině 20. století a může mít závažné následky v hustě osídlených oblastech, např. v povodí Rýna a jeho přítoků (Pfister et al., 2004).

Změny v land-use mohou mít rozdílný dopad na jednotlivé složky odtokového procesu: 1) intercepce – silně ovlivněna vegetačními změnami (pěstování plodin, kácení lesů), 2) kapacita kořenového systému – ovlivněna obděláváním půdy, vliv na evapotranspiraci a bleskové povodně, 3) podpovrchový odtok – pouze mírně ovlivněn změnami v land-use, 4) odtok z urbanizovaných oblastí – silně ovlivněn systémem kanalizací a retencí stok odpadních vod, vliv na bleskové povodně, 5) retence vody v krajině – ovlivněna strukturou krajiny a využitím orné půdy (Bronstert et al., 2002).

Klimatické změny v ČR a jejich vliv na odtok dále zkoumali např. Brázdil (1986), Buchtele (1991), Kašpárek (2006, 2009), Šercl (2008) nebo Treml (2010). V zahraničí se podobnou problematikou mj. zabývali Burn (1984), Craddock (1979), Easterling et al. (1996), Mpelasoka a Chiew (2009) nebo Radziewski a Kundzewicz (2004).

2.3 Vliv orografie na odtok

Orografický efekt hraje významnou roli ve srážko-odtokovém procesu. Spočívá v tom, že pohoří tvoří přirozenou bariéru pro vzdušné hmoty přinášející vlhkost a atmosférické srážky. Vzdušná hmota je při nárazu na překážku nucena stoupat, čímž v oblacích dochází vlivem ochlazování ke kondenzaci vodních částic a vypadávání srážek. Proto bývají návětrné svahy hor bohatší na vláhu než ty závětrné. Přitom platí, že čím je dané pohoří vyšší a zároveň více kolmé k převládajícím vzdušným hmotám, tím silnější orografický efekt je. Typickým příkladem takového efektu jsou rozsáhlá pásemná pohoří jako např. Alpy nebo Skandinávské pohoří v Evropě, Kordillery nebo Andy v Americe či Velké Předělové pohoří v Austrálii. V rámci střední Evropy by podobnou roli v menším měřítku mohly hrát například Krušné hory nebo Šumava, což si tato práce klade za cíl ověřit.

Studie, které se orografickým efektem zabývaly, analyzovaly většinou větší území na úrovni regionů nebo státních celků ležících v blízkosti velkých pásemných pohoří. Typickým příkladem může být výzkum ze Švédska, který se zabýval vlivem větru a topografie na rozložení atmosférických srážek. Roli zde hrála nejen nadmořská výška jednotlivých stanic, ale také jejich vzdálenost od Skandinávského pohoří, představujícího srážkový stín vůči převládajícím západním větrům. Výsledkem byla analýza četnosti jednotlivých směrů větru a jejich souvislost se srážkovými úhrny (Johnasson, Chien, 2003).

Podobné studie se týkaly i území Alp, které tvoří bariéru pro vzdušné hmoty přicházející ze severu a západu. Orografický efekt ve vazbě na změny průtoků byl zkoumán například v Německu (Eckhard, Ulbrich, 2003) či ve Švýcarsku (Birsan et al., 2005). V rámci Šumavy byl orografický efekt zkoumán porovnáním dat z českých a vybraných německých srážkoměrných stanic (Prančl, 1973) nebo v menším měřítku na příkladu českého povodí Vydry ve srovnání s povodím Grosse Ohe v Německu (Bernsteinová et al., 2015).

Tato práce by měla ověřit, zda orografický efekt Šumavy existuje ve větším měřítku – velkých povodí Otavy, Regenu, Ilzu či Grosse Mühl, popřípadě na úrovni státních celků (ČR versus Německo a Rakousko) a jak se tento efekt případně projevuje v trendech srážek a odtoku.

KAPITOLA 3

Metodika

3.1 Vymezení a charakteristika území

Zájmová oblast se nachází v horské a podhorské oblasti Šumavy na území tří států – České republiky, Německa a Rakouska. Má celkovou rozlohu přes 4300 km², přičemž téměř 2000 km² připadá na německou část, necelých 1400 km² na českou část a přibližně 950 km² na rakouskou část. Jedná se značně členité území s velkými rozdíly v nadmořských výškách. Nejvyšším bodem je vrchol Velkého Javoru (německy Grosser Arber) s nadmořskou výškou 1445 m a nejnižším bodem je výtok řeky Grosse Rodl u obce Rottenegg s nadmořskou výškou 293 m (viz obr. 3).

Pro analýzu srážko - odtokových změn bylo vybráno 25 experimentálních povodí ležících v horské a podhorské části Šumavy (viz obr. 2). Povodí jsou uzavřena limnigrafickými stanicemi ve správě ČHMÚ (česká část), HND Bayern (německá část) a eHYD (rakouská část). Z celkového počtu 25 stanic 10 leží na území ČR (9 v povodí Otavy a 1 v povodí Teplé Vltavy), 6 v Německu (3 v povodí Regenu a 3 v povodí Ilzu) a 9 v Rakousku (1 v povodí Ranny, 1 v povodí Kleine Mühl, 4 v povodí Grosse Mühl a 3 v povodí Grosse Rodl). Povodí byla vybrána pro svoji rozmanitou výškovou členitost, orientaci svahů i rozdílný krajinný pokryv.

Vynechána byla ta povodí, která leží pod vodními díly, protože průtoky v nich jsou uměle regulovány a neodpovídají tak přírodnímu charakteru těchto povodí. Z těchto důvodů bylo zkoumáno povodí Blanice pouze nad Husineckou přehradou, povodí Vltavy nad Lipenskou přehradou a bylo zcela vynecháno povodí Úhlavy, jejíž průtok je již na horním toku ovlivněn přehradami Hamry a Nýrsko. Jedinou významnější vodní nádrž v rámci zájmové oblasti je přehrada Frauenau na horním toku řeky Kleiner Regen (jedna ze zdrojnic Schwarzer Regen). Jedná se však o rezervoár pitné vody, což znamená, že přehrada musí mít stálý objem, takže průtoky ve zmíněném vodním toku výrazně neovlivňuje.

3.1.1 Základní informace o povodích

Jak již bylo řečeno výše, zájmová oblast je tvořena 25 povodími, z nichž 10 se nachází na území ČR, 6 v Německu a 9 v Rakousku. Polohu jednotlivých dílčích povodí včetně jejich příslušnosti k hlavnímu toku vyjádřené barevným odstínem ukazuje obr. 2. Plochy povodí hlavních toků v zájmové oblasti jsou uvedeny v tab. 3. Je zde vidět, že největší celkovou plochu zaujímají německá povodí (Regen a Ilz), následovaná českými povodími (Otava, Volyňka, Blanice a Teplá Vltava) a rakouskými povodími (Ranna, Kleine Mühl, Grosse Mühl a Grosse Rodl). Povodí byla vybrána s ohledem na svou rozdílnou polohu, nadmořskou výšku, sklonitost a orientaci svahů a také krajinný pokryv. Zatímco povodí ve vrcholových partiích Šumavy (např. Vydra, Teplá Vltava nebo Grosse Ohe) odpovídají přírodě blízkému stavu s minimem antropogenních zásahů, v případě podhorských povodí (např. Kolinec, dolní Volyňka, Chamb nebo Kleine Mühl) je tomu spíše naopak.

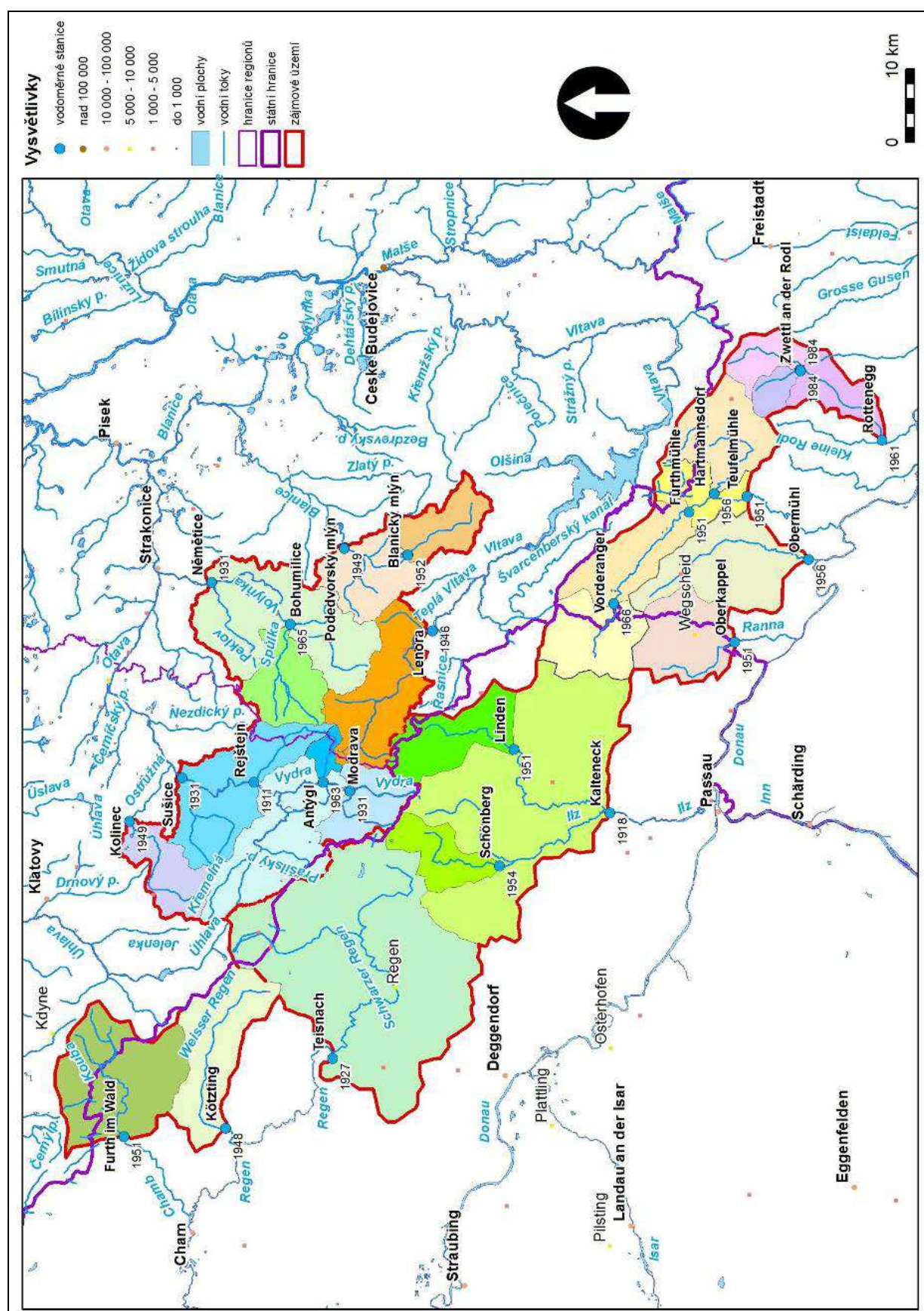
Základní informace o jednotlivých dílčích povodích jsou obsaženy v tab. 4. Nejnižší průměrnou nadmořskou výšku z českých povodí má Volyňka (716 m), z německých Chamb (515 m) a z rakouských Kleine Mühl (600 m). Naopak nejvyšší průměrnou nadmořskou výšku z českých povodí má Vydra (1136 m), z německých Wolfsteiner Ohe (938 m) a z rakouských Diestlbach (768 m). Specifický odtok ve srovnání s průměrem ČR ($q_a = 6,1 \text{ l/s/km}^2$) dosahuje u všech povodí nadprůměrných hodnot, nejvíce v případě povodí Vydry v ČR (37,7), Grosse Mühl nad Vorderangerem v Rakousku (24) a Grosse Ohe v Německu (23,9). Ve všech případech se jedná o povodí ve vysokých nadmořských výškách, kde jsou vysoké srážkové úhrny a zároveň velké sklony svahů (v případě Grosse Mühl a Grosse Ohe) nebo snížená propustnost podloží (v případě Vydry).

Tab. 3: Plochy jednotlivých povodí v zájmové oblasti (km^2)

ČESKÁ REPUBLIKA		NĚMECKO		RAKOUSKO	
Otava	533,8	Regen	1 184,5	Ranna	134,5
Volyňka	383,4	Ilz	809,3	Kleine Mühl	191,0
Blanice	202,8			Grosse Mühl	461,2
Teplá Vltava	176,0			Grosse Rodl	159,2
Celkem	1 388,0	Celkem	1 993,8	Celkem	946,0
CELKEM:	4 327,8				

Data: ASTER GDEM, DIBAVOD

Obr. 2: Vymezení dílčích povodí v zájmové oblasti



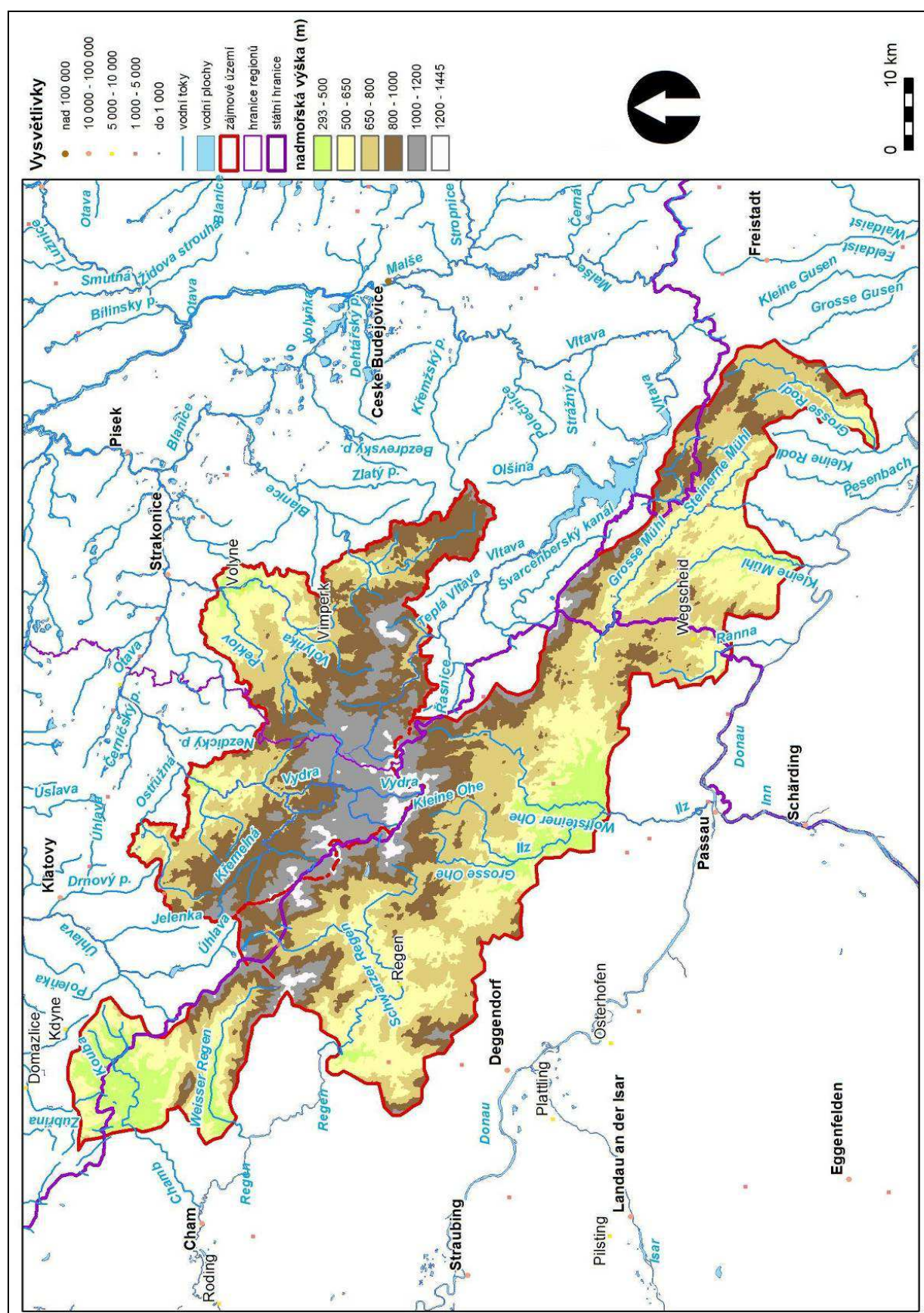
Data: Arc Europe, DIBAVOD

3.1.2 Výšková členitost

Jak je vidět na obr. 3, zájmová oblast vykazuje značnou výškovou členitost. To platí jak v celkovém měřítku, tak v rámci jednotlivých subpovodí. Nejvyšší výškové stupně se vyskytují především na hlavním hřebeni, který tvoří hranici České republiky s Německem a Rakouskem a kudy také prochází hlavní evropské rozvodí (zde odděluje úmoří Severního moře na SV a černého moře na JZ od linie rozvodí). Hlavní hřeben prochází ve směru SZ – JV v délce přibližně 190 km napříč celou Šumavou a je tvořen mnoha vrcholy, např. Ostrý (1293 m), Jezerní hora (1343 m), Plesná (1336 m), Poledník (1315 m), Luzný (1373), Třístoličník (1332 m), Plechý (1378 m) či Smrčina (1332 m). Dva nejvyšší vrcholy Šumavy – Grosser Arber (Velký Javor, 1456 m) a Grosser Rachel (Velký Roklan, 1453 m) se však nacházejí na vedlejším hřebeni v Německu vedoucím souběžně s hlavním hřebenem v délce přibližně 100 km. V Německu bývá celá tato oblast nazývána jako Bayerischer Wald (Bavorský les).

Výškový stupeň okolo 1000 m n. m. obvykle zauímají šumavské pláně, kde se nejčastěji vyskytují četná rašeliniště a jsou rovněž pramennou oblastí většiny významných šumavských řek. Střední polohy (okolo 700 – 900 m n. m.) jsou zde většinou zastoupeny málo, protože se jedná o přechodné oblasti mezi vysoko položenými pláněmi a podhůřím. Tento přechod je zpravidla na jižní (německé) straně Šumavy prudší než na severní (české) straně. Posledním výškovým stupněm jsou pahorkatiny s nadmořskou výškou přibližně do 500 m. Ty se vyskytují nejčastěji na dolních tocích větších řek – Otavy a Volyňky v ČR, Chamb, Weisser Regen a Ilz v Německu a také Kleine Mühl a Grosse Rodl v Rakousku. Největší výškovou členitost mají obvykle ta povodí, u nichž je zastoupeno co možná nejvíce výškových stupňů na co nejmenší ploše. To se týká např. horní Otavy (nad Rejštejnem), Grosse Ohe (nad Schönbergem) nebo Grosse Rodl (nad Rotteneggem).

Obr. 3: Výšková členitost zájmové oblasti



Data: Arc Europe, ASTER GDEM, DIBAVOD

3.1.3 Sklonitost svahů

Pokud jde o sklonitost svahů. Lze celou oblast Šumavy rozdělit na tři základní části. První z nich je nejvýše položená oblast Šumavských plání, kde převažují mírné sklony svahů (obvykle do 5°). Typickým příkladem může být povodí Vydry (nad Modravou) a částečně také Teplé Vltavy (nad Lenorou) v případě ČR nebo povodí Diestlbachu (nad Zwettlem) v případě Rakouska (viz obr. 4). Další oblastí jsou střední polohy tvořící přechod mezi pláněmi a podhůřím Šumavy. Zde se obvykle vyskytují největší sklony svahů v celé zájmové oblasti (až 40°). Do této oblasti patří například povodí horní Otavy (nad Rejštejnem) v ČR, Weisser Regen (nad Kötztingem) v Německu nebo Grosse Mühl (nad stanicí Furthmühle) v Rakousku. Poslední oblastí podle sklonu svahů je podhůří, kde většinou převažují pahorkatiny a sklonitost se nejčastěji pohybuje okolo 2 – 10°. Typická jsou v tomto případě povodí Ostružné v ČR, řeky Chamb v Německu a Kleine Mühl v Rakousku. Celkově lze říci, že nejvíce oblastí s největšími sklony svahů se nachází v německé části Šumavy, kde se také většinou vyskytuje nejostřejší přechod mezi pláněmi a podhůřím.

3.1.4 Orientace svahů a expozice

Když hovoříme o převládající orientaci svahů v zájmové oblasti, dá se říci, že česká povodí mají spíše severní až severovýchodní orientaci, zatímco německá povodí jihozápadní a rakouská jižní orientaci. Značné rozdíly v orientaci svahů se však vyskytují i mezi jednotlivými dílčími povodími, jak ukazuje obr. 5. Zatímco například povodí Vydry a dále i Otavy má téměř přesně severní celkovou orientaci (pravobřežní svahy jsou přivráceny k západu a levobřežní k východu), povodí Teplé Vltavy v rámci zájmové oblasti je orientováno převážně jihovýchodně.

Obdobné rozdíly bychom našli také u německých povodí. Zatímco povodí dolního Ilzu má téměř přesně jižní orientaci, případě Weisser Regen jde o orientaci západní (pravobřežní svahy jsou přivráceny k jihu a levobřežní k severu). Také v případě rakouských povodí jsou rozdíly v orientaci značné. Povodí horního toku Grosse Mühl má orientaci jihovýchodní, zatímco povodí jeho přítoku Steinerne Mühl má orientaci přesně opačnou, tedy severozápadní. Výše uvedené rozdíly v orientaci svahů mezi jednotlivými povodími mají za následek také rozdílnou expozici vůči vzdušným

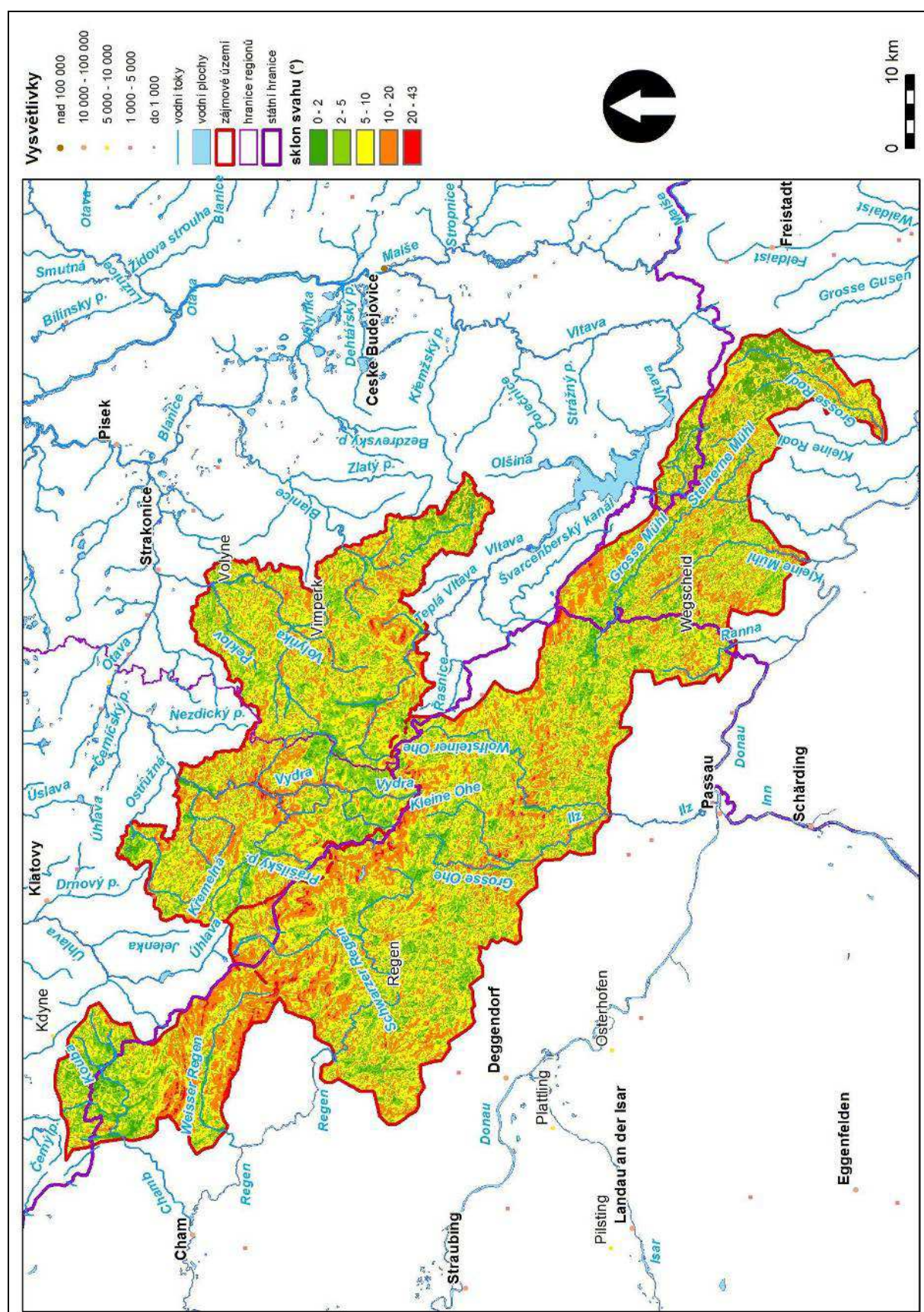
hmotám přinášejícím srážky. To znamená, že i dvě povodí o podobné průměrné nadmořské výšce mohou mít vzhledem k rozdílné orientaci svahů také značně odlišné srážkové úhrny a tím pádem i rozdílné hodnoty odtoku.

Tab. 4: Základní charakteristiky jednotlivých povodí

Stanice	Vodní tok	Stát	Plocha (km ²)	Průměrná výška povodí (m n. m.)	Průměrný sklon (°)	Orientace svahů	Zalesnění 2006 (%)	Prům. roční srážky na povodí (mm)	Prům. specifický odtok (l/s/km ²)
Antýgl	Hamerský potok	CZ	20,41	1 098,09	4,63	Z	83,10	1 166,71	22,88
Blanický mlýn	Blanice	CZ	85,48	890,30	5,24	SZ	64,49	998,16	11,05
Bohumilice	Spůlka	CZ	104,58	799,79	7,06	V	47,78	924,74	9,59
Kolinec	Ostružná	CZ	92,01	748,80	6,52	SV	39,61	883,37	13,04
Lenora	Teplá Vltava	CZ	176,00	1 013,37	6,48	JV	70,69	1 097,99	17,20
Modrava	Vydra	CZ	89,76	1 136,06	4,82	S	62,08	1 197,51	37,74
Němčice	Volyňka	CZ	383,49	716,29	6,88	SV	36,44	857,00	7,58
Podedvorský mlýn	Blanice	CZ	202,01	843,87	6,97	S	60,86	960,49	9,79
Rejštejn	Otava	CZ	336,50	1 016,34	6,93	S	75,59	1 100,39	24,46
Sušice	Otava	CZ	543,76	914,00	7,64	S	67,70	1 017,38	19,45
Furth im Wald	Chamb	D	246,88	515,85	6,00	JZ	38,03	694,41	10,75
Kalteneck	Ilz	D	809,27	700,82	7,33	J	48,24	844,45	21,16
Kötzting	Weisser Regen	D	183,63	728,47	10,15	Z	71,73	866,88	19,51
Linden	Wolfsteiner Ohe	D	130,66	934,50	7,26	J	66,17	1 034,01	17,04
Schönberg	Grosse Ohe	D	82,89	793,23	7,43	JZ	65,11	919,42	23,98
Teisnach	Grosse Regen	D	754,00	680,60	8,08	SZ	68,49	828,05	22,40
Furthmühle	Grosse Mühl	A	127,07	742,73	7,99	JV	51,58	878,45	21,48
Hartmannsdorf	Steinerne Mühl	A	138,25	752,50	7,08	Z	46,72	886,37	15,25
Oberkappel	Ranna	A	134,48	690,75	7,04	JV	46,42	836,28	23,08
Obermühl	Kleine Mühl	A	191,03	600,00	7,60	J	33,50	762,67	16,76
Rottenegg	Grosse Rodl	A	159,23	723,51	6,13	JZ	42,22	862,85	14,63
Teufelmühle	Grosse Mühl	A	461,22	741,80	7,30	J	46,91	877,69	19,28
Vorderanger	Grosse Mühl	A	126,35	761,36	6,81	JV	41,18	893,56	24,02
Zwettl - Diestlbach	Diestlbach	A	29,88	767,59	5,05	JV	57,67	898,62	16,21
Zwettl - G. Rodl	Grosse Rodl	A	56,32	764,77	4,87	J	39,88	896,33	13,61

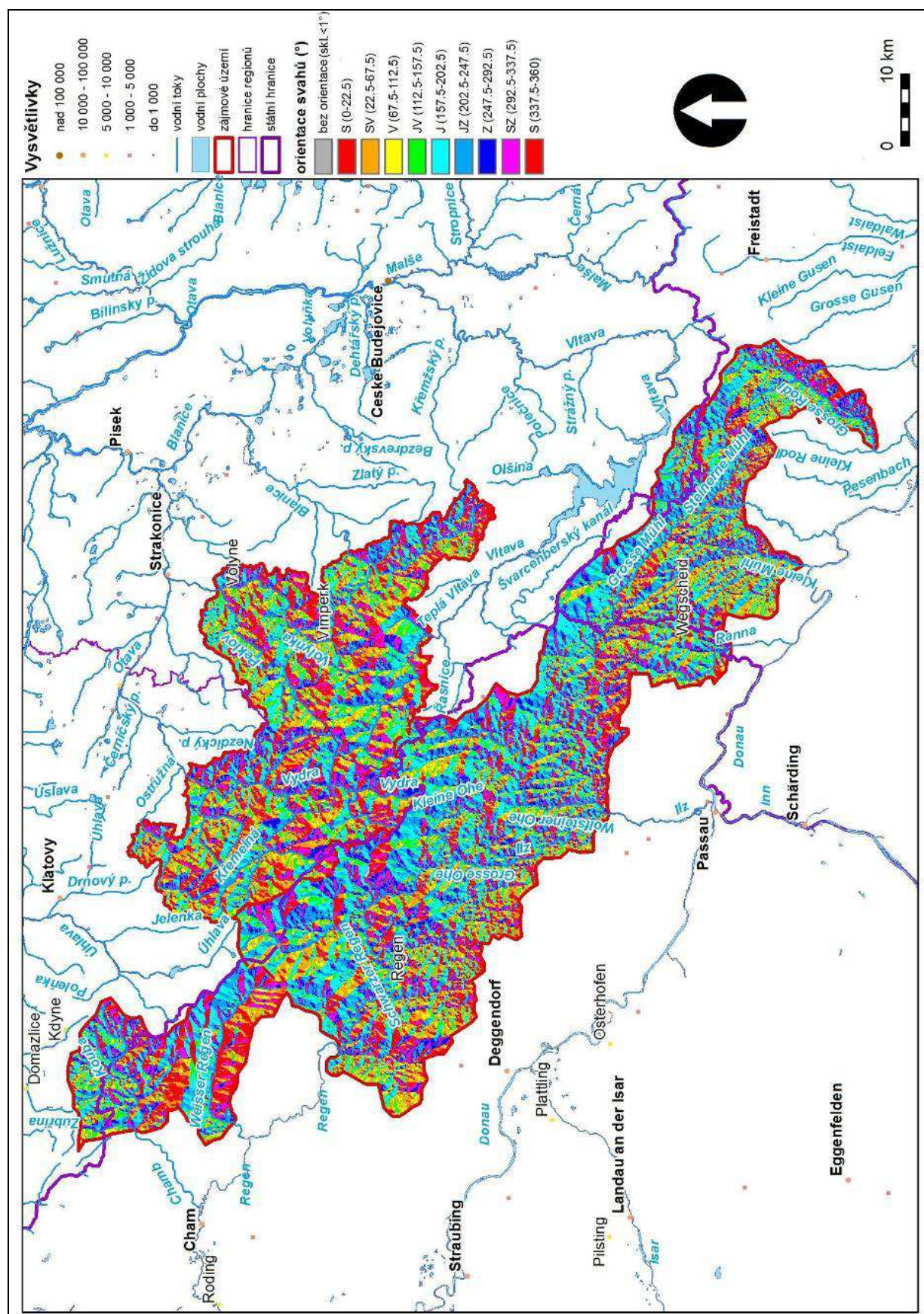
Data: ASTER GDEM, DIBAVOD, ČHMÚ, HND Bayern, eHYD, CORINE land cover

Obr. 4: Sklonitost svahů v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, ASTER GDEM, DIBAVOD

Obr. 5: Orientace svahů v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, ASTER GDEM, DIBAVOD

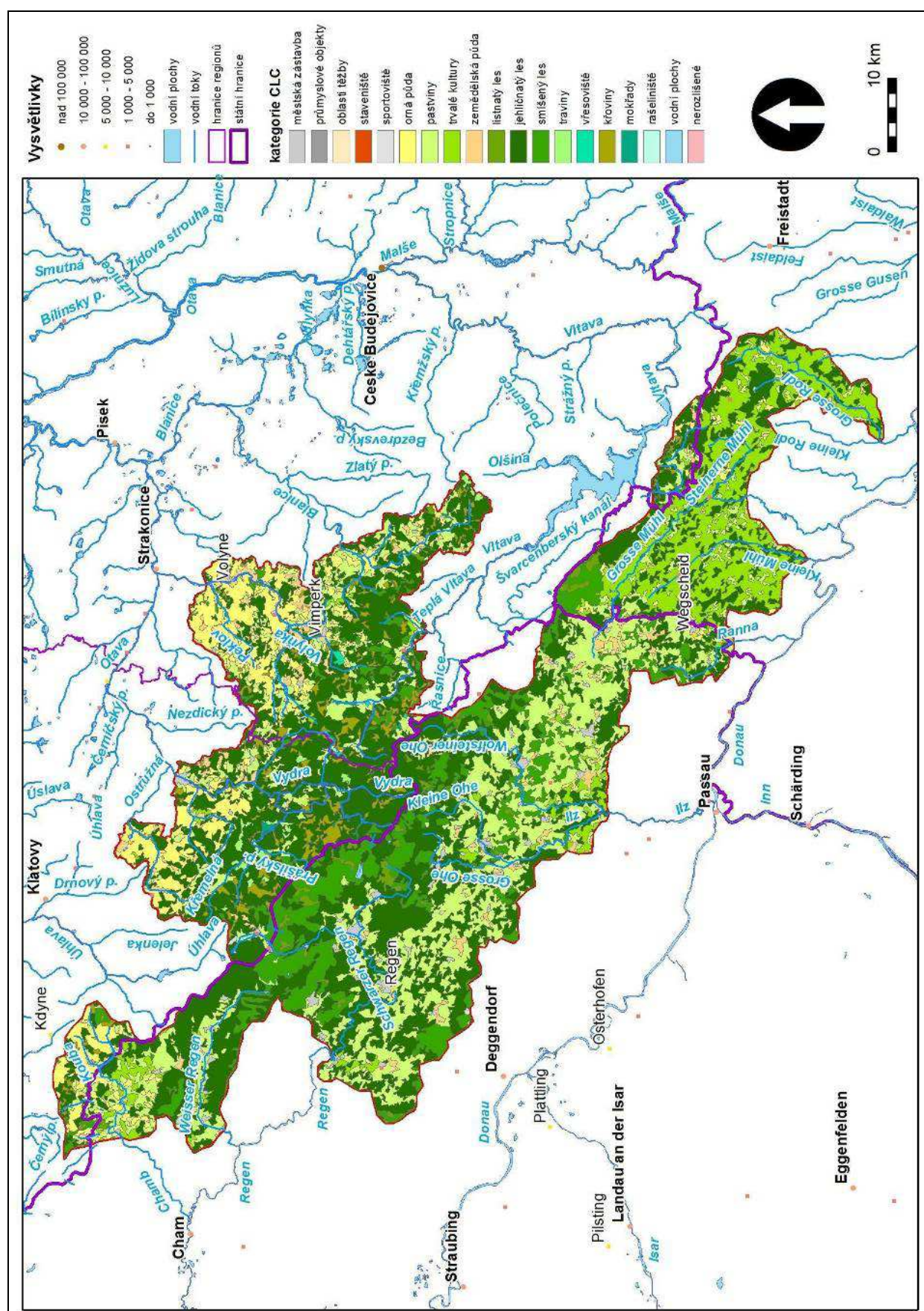
3.1.5 Krajinový pokryv

Vzhledem k velké rozloze zájmové oblasti se zde vyskytuje také velmi rozdílný krajinový pokryv jak v rámci celého studovaného území, tak i v rámci jednotlivých povodí. Je to dáno jak rozmanitými přírodními podmínkami, tedy především nadmořskou výškou a s tím souvisejícím rozdílným klimatem, tak i činností člověka v krajině. Na základě databáze CORINE land cover můžeme snadno porovnat vývoj krajinového pokryvu v zájmové oblasti v čase a prostoru, konkrétně ve třech mapovacích obdobích – 1990, 2000 a 2006.

V roce 1990 tvořila krajinovou matici českého podhůří orná půda jako pozůstatek kolektivizace a intenzifikace v zemědělství tehdejšího Československa mezi lety 1948 – 1989. Týká se to především povodí Ostružné, dolní Otavy, dolní Volyňky a Spůlky a také Kouby tekoucí do Německa jako řeka Chamb. V německém podhůří naopak převládaly pastviny a v Rakousku traviny. V nejvyšších polohách převládal les, zejména jehličnatý anebo smíšený, s ostrůvky křovin zejména v povodí Vydry a Křemelné a také Teplé Vltavy (viz obr. 6). V roce 2000 již ornou půdu na většině míst českého podhůří nahradily pastviny, přesto se ještě vyskytovala příklad v povodí dolní Volyňky (viz obr. 7). V hřebenových partiích Šumavy, zejména v povodí Vydry na české straně a také Kleine Ohe a Wolfsteiner Ohe na německé straně, došlo ke značnému úbytku lesa ve prospěch křovin zejména v důsledku kůrovcových kalamit v 90. letech 20. století. V roce 2006 již krajinovou matici českého podhůří tvořily výhradně pastviny, zejména ve středních polohách přibýlo lesů většinou na úkor luk a pastvin a rovněž se zvýšil podíl antropogenních ploch, například sportovišť. Typickým příkladem může být rozšíření lyžařského střediska Hochficht na rakouské straně vrchu Smrčina a přilehlých kopcích (viz obr. 8).

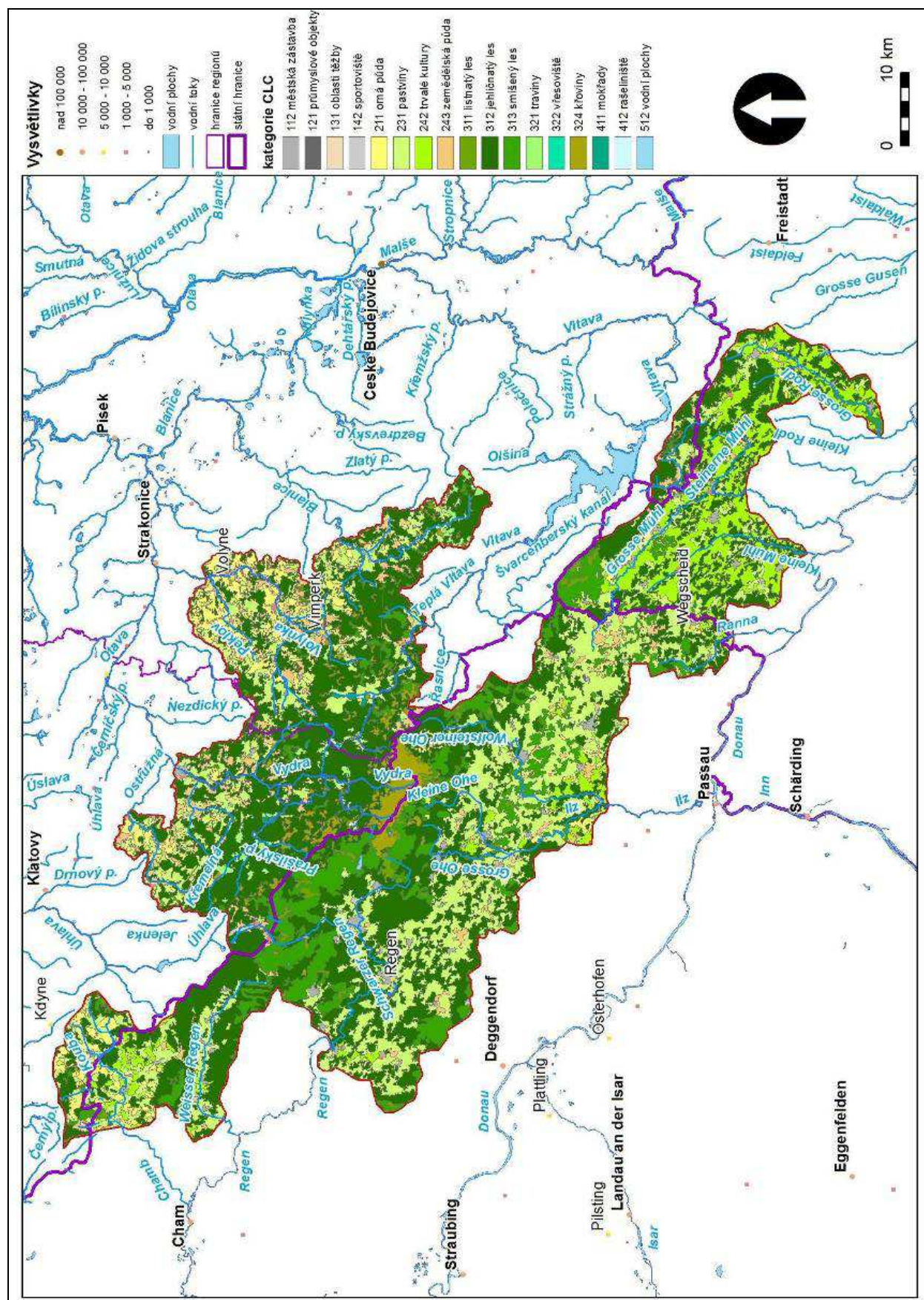
Souhrnné změny v krajinovém pokryvu ukazuje tab. 5. Jsou zde vidět stálé úbytky orné půdy, zejména v letech 1990 - 2000 (-3,65 %), a také trvalých kultur, nejvíce v letech 2000 - 2006 (-2,25 %). Stálý nárůst naopak vykazuje městská zástavba, pastviny (zejména v letech 2000 – 2006) a také lesy, zejména jehličnaté. Ještě lépe celkové trendy změn v krajinovém pokryvu vyniknou, pokud podobné kategorie sloučíme do několika základních tříd, jak ukazuje tab. 6. Zde je dobře vidět stálý úbytek zemědělské půdy ve prospěch luk, pastvin, křovin a lesů. Dobře to rovněž ilustrují grafy podílů základních složek krajinového pokryvu na obr. 10. Změny podílu základních složek krajinového pokryvu v jednotlivých povodích přehledně znázorňuje tab. 7.

Obr. 6: Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 1990



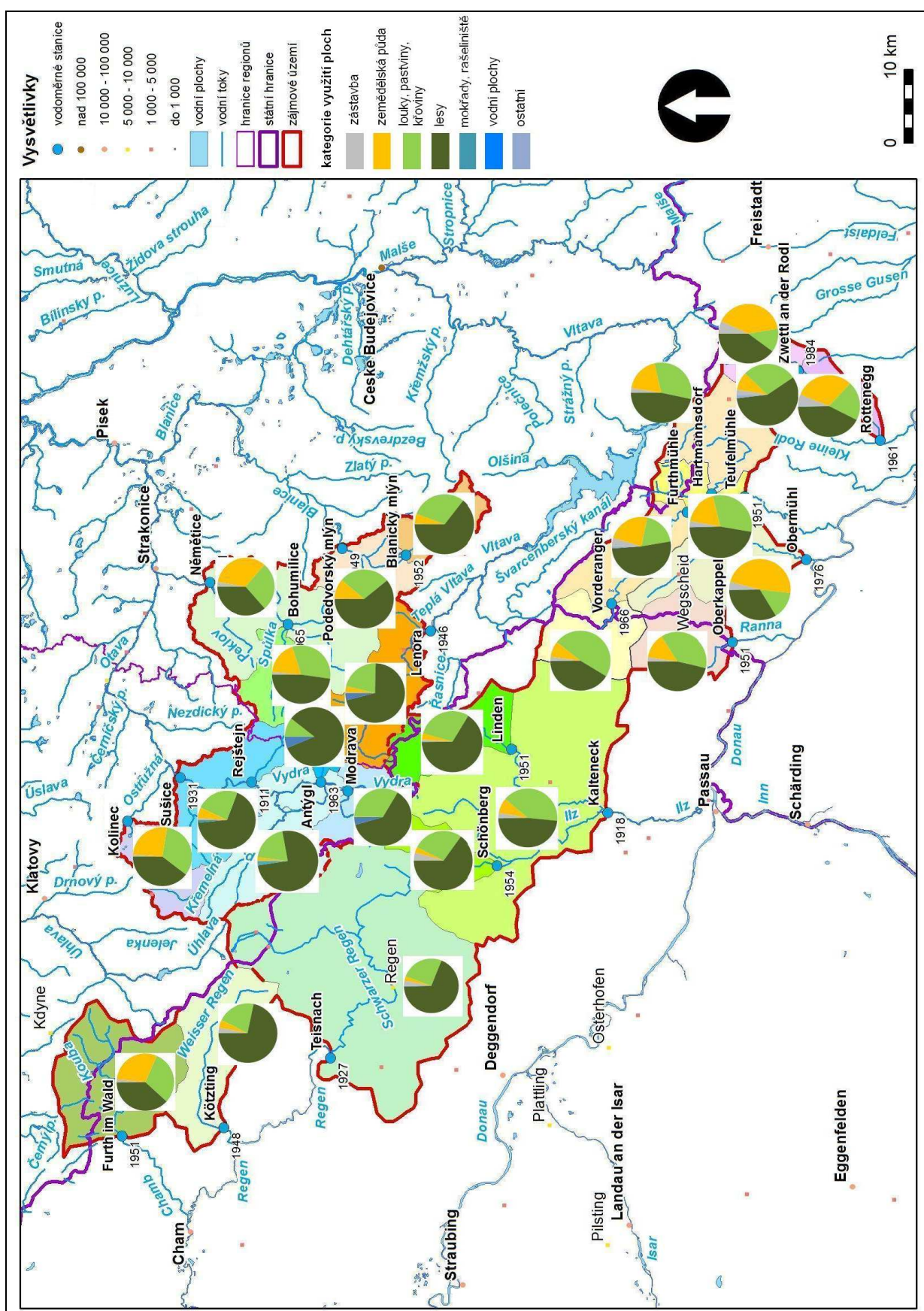
Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Obr. 7: Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2000



Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Obr. 9: Krajininný pokryv v jednotlivých povodích v roce 2006



Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Tab. 5: Plochy a podíly všech složek krajinného pokryvu a jejich změny

Období	1990		2000		2006		1990 - 2000		2000 - 2006		1990 - 2006	
Kód Název	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)
112 městská zástavba	59,509	1,377	82,568	1,908	101,099	2,336	23,059	0,531	18,531	0,428	41,590	0,959
121 průmyslové objekty	0,767	0,018	2,120	0,049	2,381	0,055	1,353	0,031	0,261	0,006	1,614	0,037
122 silnice a železnice					0,379	0,009	0,000	0,000	0,379	0,009	0,379	0,009
131 oblasti těžby	0,871	0,020	0,799	0,018	0,799	0,018	-0,072	-0,002	0,000	0,000	-0,072	-0,002
133 staveniště	0,260	0,006					-0,260	-0,006			-0,260	-0,006
142 sportoviště	1,571	0,036	2,496	0,058	6,071	0,140	0,925	0,021	3,575	0,083	4,501	0,104
211 orná půda	342,670	7,927	184,771	4,270	143,958	3,326	-157,898	-3,657	-40,814	-0,944	-198,712	-4,601
231 pastviny	966,557	22,359	1 002,658	23,170	1 115,470	25,773	36,101	0,811	112,811	2,603	148,913	3,414
242 trvalé kultury	461,685	10,680	367,227	8,486	269,181	6,219	-94,458	-2,194	-98,046	-2,267	-192,504	-4,460
243 zemědělská půda	96,211	2,226	192,328	4,444	198,149	4,578	96,117	2,219	5,821	0,134	101,937	2,353
311 listnatý les	37,048	0,857	36,225	0,837	38,046	0,879	-0,823	-0,020	1,820	0,042	0,997	0,022
312 jehličnatý les	1 802,365	41,693	1 872,496	43,271	1 857,186	42,911	70,132	1,578	-15,311	-0,360	54,821	1,218
313 smíšený les	413,141	9,557	429,530	9,926	444,392	10,268	16,389	0,369	14,862	0,342	31,250	0,711
321 traviny	20,472	0,474	28,792	0,665	19,927	0,460	8,319	0,192	-8,864	-0,205	-0,545	-0,013
322 vřesoviště	3,508	0,081	0,920	0,021			-2,589	-0,060	-0,920	-0,021	-3,508	-0,081
324 křoviny	107,524	2,487	112,460	2,599	114,774	2,652	4,936	0,112	2,314	0,053	7,249	0,165
411 mokřady	6,564	0,152	8,753	0,202	11,028	0,255	2,190	0,050	2,275	0,053	4,465	0,103
412 rašeliniště	1,279	0,030	2,343	0,054	4,305	0,099	1,064	0,025	1,962	0,045	3,026	0,070
512 vodní plochy	0,914	0,021	0,869	0,020	0,869	0,020	-0,045	-0,001	0,000	0,000	-0,045	-0,001
nerozlišené	0,021	0,000					-0,021	0,000			-0,021	0,000

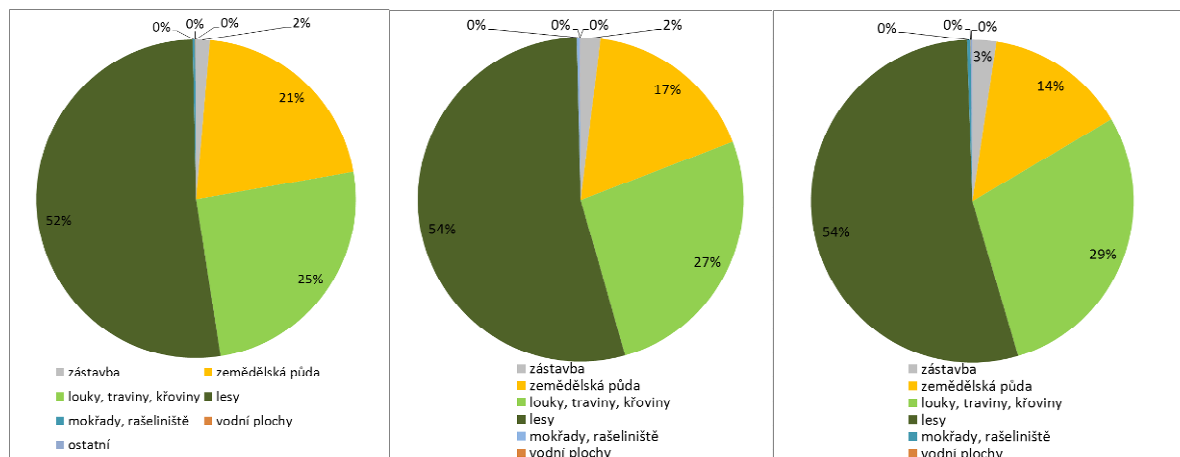
Data: CORINE land cover

Tab. 6: Plochy a podíly základních složek krajinného pokryvu a jejich změny

Období	1990		2000		2006		1990 - 2000		2000 - 2006		1990 - 2006	
Název	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)
zástavba	60,276	1,394	84,688	1,957	103,859	2,400	24,412	0,563	19,171	0,443	43,583	1,005
zemědělská půda	900,566	20,832	744,326	17,200	611,287	14,124	-156,240	-3,632	-133,039	-3,077	-289,279	-6,708
louky, traviny, křoviny	1 094,554	25,320	1 143,910	26,434	1 250,171	28,886	49,356	1,115	106,261	2,451	155,617	3,566
lesy	2 252,554	52,107	2 338,252	54,034	2 339,623	54,058	85,698	1,927	1,371	0,023	87,069	1,951
mokřady, rašeliniště	11,351	0,263	12,016	0,278	15,333	0,354	0,665	0,015	3,318	0,077	3,983	0,092
vodní plochy	0,914	0,021	0,869	0,020	0,869	0,020	-0,045	-0,001	0,000	0,000	-0,045	-0,001
ostatní	2,723	0,063	3,295	0,076	6,870	0,159	0,573	0,013	3,575	0,083	4,148	0,096

Data: CORINE land cover

Obr. 10: Podíly základních složek krajinného pokryvu v letech 1990, 2000 a 2006



Data: CORINE land cover

Tab. 7: Procentuální změny základních složek krajinného pokryvu v jednotlivých povodích v období 1990 - 2006

Stanice	stát	zástavba	zemědělská půda	louky, pastviny, křoviny	lesy	mokřady, rašeliniště	vodní plochy	ostatní
Antýgl	CZ	0,000	0,000	-3,509	0,771	2,738	0,000	0,000
Blanický mlýn	CZ	0,034	-6,806	0,902	5,870	0,000	0,000	0,000
Bohumilice	CZ	0,013	-16,394	14,093	2,288	0,000	0,000	0,000
Kolinec	CZ	-0,050	-16,843	15,036	1,856	0,000	0,000	0,000
Lenora	CZ	-0,023	-1,490	-2,471	3,353	0,630	0,000	0,000
Modrava	CZ	0,000	0,432	16,761	-17,652	0,459	0,000	0,000
Němětice	CZ	0,636	-13,075	14,038	-1,599	0,000	0,000	0,000
Podedvorský mlýn	CZ	0,245	-9,119	5,171	3,703	0,000	0,000	0,000
Rejštejn	CZ	0,114	-0,186	1,551	-2,040	0,561	0,000	0,000
Sušice	CZ	0,181	-5,414	2,366	2,232	0,582	0,000	0,052
Furth im Wald	D	0,440	-5,168	1,951	2,624	0,000	0,000	0,153
Kalteneck	D	0,322	0,422	3,119	-3,997	0,022	0,000	0,111
Kötzting	D	0,214	0,065	-0,136	-0,143	0,000	0,000	0,000
Linden	D	0,067	-0,004	13,133	-13,353	0,156	0,000	0,000
Schönberg	D	0,204	0,024	8,310	-8,538	0,000	0,000	0,000
Teisnach	D	0,359	0,082	0,217	-0,734	0,000	-0,004	0,080
Furthmühle	A	1,630	-12,009	9,305	-0,065	0,000	0,000	1,138
Hartmannsdorf	A	1,433	-25,349	22,131	1,785	0,000	0,000	0,000
Oberkappel	A	0,614	-2,280	1,869	-0,203	0,000	0,000	0,000
Obermühl	A	1,287	-4,624	2,989	0,165	0,000	0,000	0,184
Rottenegg	A	1,889	-14,168	12,269	-0,335	0,000	0,000	0,344
Teufelmühle	A	1,121	-13,081	11,123	0,483	0,002	0,000	0,353
Vorderanger	A	0,601	-1,616	1,390	-0,518	0,000	0,000	0,143
Zwettl - Diestlbach	A	1,290	-24,139	21,658	-0,642	0,000	0,000	1,833
Zwettl - G. Rodl	A	2,277	-2,206	0,063	-0,134	0,000	0,000	0,000
Průměr		0,596	-6,918	6,933	-0,993	0,206	0,000	0,176

Data: CORINE land cover

3.1.6 Klimatické poměry

Velká rozloha zájmové oblasti kromě výše uvedených rozdílů v typu reliéfu a krajinném pokryvu má vliv také na rozdílnost klimatických podmínek, které se vyskytují v jejích dílčích oblastech. Určujícím faktorem je zde především nadmořská výška, která ovlivňuje zejména teplotu vzduchu a také úhrny a skupenství srážek. Jelikož však ani hodnoty těchto klimatických veličin na jednom místě nejsou stále stejné, je třeba hledat jejich příčinu v dlouhodobém časovém horizontu a také ve větším prostorovém měřítku.

Klimatické změny v ČR a jejich vliv na odtok dále zkoumali např. Brázdil (1986), Buchtele (1991), Kašpárek (2006, 2009), Šercl (2008) nebo Treml (2010). V zahraničí se podobnou problematikou mj. zabývali Burn (1984), Craddock (1979), Easterling et al. (1996), Mpelasoka a Chiew (2009) nebo Radziewski a Kundzewicz (2004).

3.1.7 Srážkové poměry

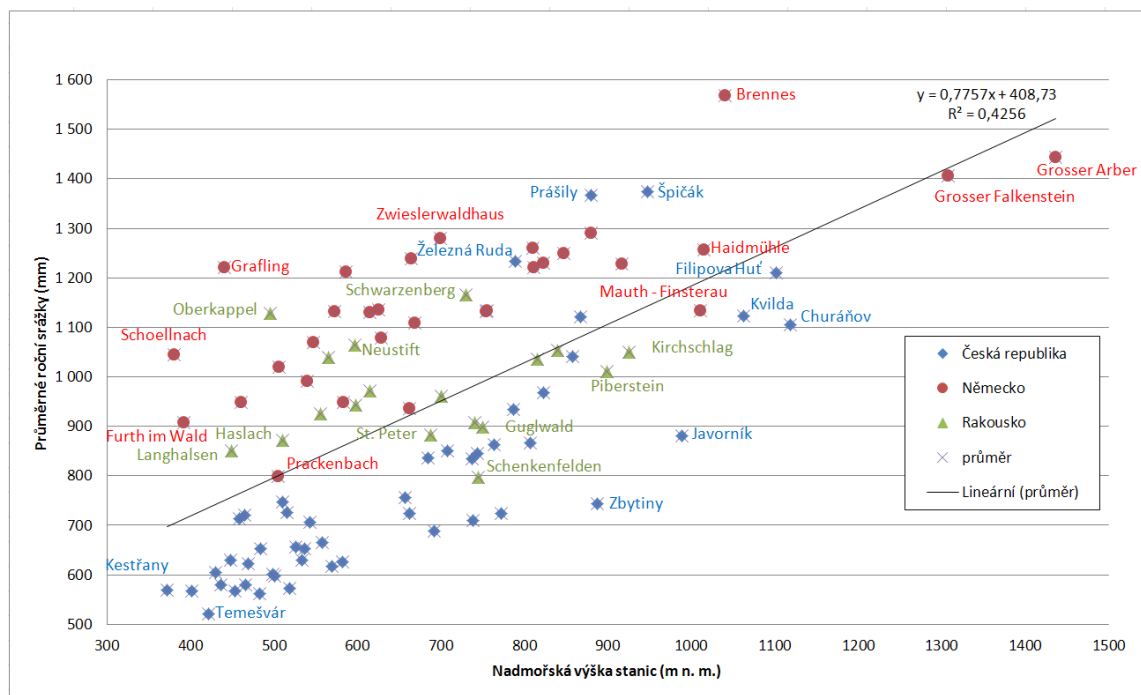
Srážky se v oblasti Šumavy vyznačují velkou časovou i prostorovou variabilitou vzhledem k velké rozloze i členitosti zájmové oblasti. Roli zde hraje nejen rozdílná nadmořská výška, ale také převládající expozice svahů vůči převládajícímu vzdušnému proudění přinášejícímu srážkovou činnost. Největší dlouhodobé srážkové úhrny se vyskytují na hřebenech Šumavy, ale závislost množství srážek na rostoucí nadmořské výšce se vzhledem k orografickému efektu v jednotlivých oblastech liší (viz kap. 4.3).

Pro účely této práce bylo vybráno 30 srážkoměrných stanic s rozdílnou geografickou polohou i nadmořskou výškou, z nichž 10 se nachází na území ČR, 10 v Německu a 10 v Rakousku (viz obr. 22). Data měsíčních a ročních srážkových úhrnů v případě ČR byla dostupná od roku 1961, v případě Rakouska od roku 1971 a v případě Německa od rozmezí let 1899 (stanice Regen) až 1961 (stanice Brennes). Nadmořská výška jednotlivých stanic se pohybuje od 392 m v případě stanice Furth im Wald až po 1118 m v případě stanice Churáňov (viz obr. 22 a tab. 14). Nejvýše položená stanice celé oblasti Grosser Arber (1456 m) nebyla do srážkových analýz zahrnuta z důvodu příliš krátké řady měření (až od roku 1982).

Nejvíce srážek připadá zpravidla na červenec, s výjimkou stanic Prášily, Brennes, Mauth-Finsterau a Zwieslerwaldhaus, kdy největší podíl zaujímá prosinec. Nejméně srážek naopak spadne většinou v dubnu, kde výjimku představuje například Churáňov s minimem v říjnu. Sezonní rozložení srážek u stanic, které se vymykají ostatním, jsou zkoumány z dlouhodobého hlediska níže (viz obr. 14, 15 a 16).

Obr. 11 znázorňuje závislost průměrných ročních srážkových úhrnů na nadmořské výšce jednotlivých stanic za společné období 1971-2010. Stanice jsou zde barevně odlišeny podle příslušnosti k jednotlivým státům. Popsány jsou navíc některé stanice, které se vymykají celkovému trendu (jsou nejvíce vzdáleny od regresní přímky) – např. české stanice Železná Ruda a Prášily, německé stanice Brennes a Zweislerwaldhaus nebo rakouské stanice Oberkappel a Schwarzenberg. Této závislosti je využito při výpočtu srážek na povodí a následně také odtokového koeficientu (viz kap 4.3).

Obr. 11: Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce stanic (1971-2010)



Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tabulky 8 a 9 ukazují absolutní a relativní (procentuální) rozložení srážek na jednotlivých stanicích v období 1971-2010. Je zde dobře vidět, že největší srážkové úhrny připadají zpravidla na července, zatímco nejmenší úhrny bývají většinou v dubnu. V rámci sezonního rozložení srážek (obr. 12 a tab. 10) převládá maximum úhrnů v létě, zatímco minima jsou rovnoměrně zastoupena na jaře i na podzim.

Tab. 8: Měsíční rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (mm)

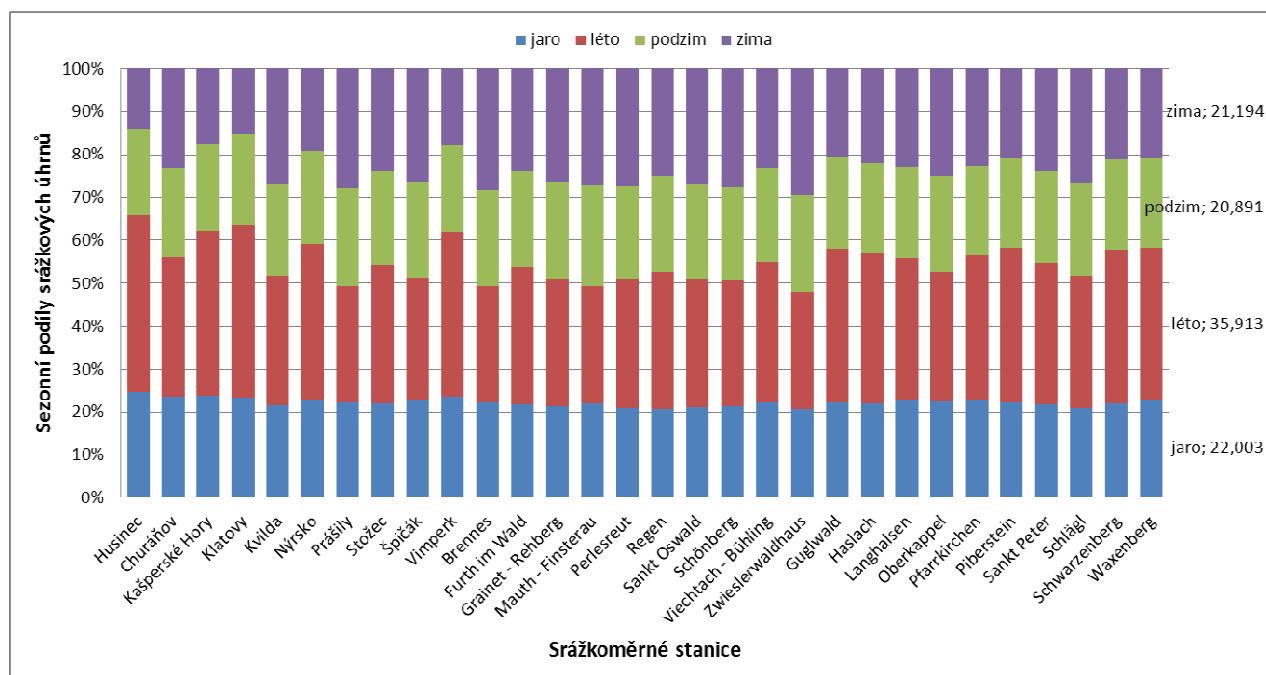
Stanice	stát	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Husinec	CZ	30,4	28,1	45,6	46,7	70,7	92,7	94,7	84,3	52,0	39,4	41,1	33,8	659,4
Churáňov	CZ	85,5	72,6	93,1	76,9	92,7	116,0	129,8	113,2	79,2	71,0	83,0	98,2	1 111,1
Kašperské Hory	CZ	49,1	43,2	59,5	61,3	77,2	108,3	110,2	100,7	62,7	51,1	55,9	55,6	834,8
Klatovy	CZ	29,3	26,9	37,6	41,5	62,4	77,4	85,0	81,7	51,1	39,8	35,8	35,7	604,2
Kvilda	CZ	107,3	84,0	99,9	63,8	84,7	114,1	130,0	103,8	79,0	75,8	89,3	117,0	1 148,7
Nýrsko	CZ	47,9	38,8	49,4	47,9	71,2	87,5	92,7	86,2	60,2	50,8	48,8	54,4	735,7
Prácheň	CZ	126,8	110,0	123,4	87,7	98,1	124,2	138,3	119,4	102,1	101,1	114,7	153,9	1 399,7
Stožec	CZ	75,9	59,1	75,1	56,9	73,0	101,2	106,2	92,3	67,4	62,2	74,2	86,6	930,0
Špičák	CZ	122,0	102,8	123,2	88,5	101,8	130,8	143,2	126,7	104,5	95,4	108,8	140,0	1 387,6
Vimperk	CZ	45,6	39,2	55,3	50,9	74,3	97,9	101,6	90,7	56,9	47,4	51,0	51,1	761,7
Brennes	DE	148,8	119,9	139,8	94,3	112,7	138,2	158,4	135,0	113,3	106,8	131,3	174,3	1 572,9
Furth im Wald	DE	71,6	54,4	63,0	51,0	73,6	91,9	94,5	88,8	63,1	63,6	67,0	79,9	862,4
Grainet - Rehberg	DE	101,1	81,9	91,7	61,1	84,6	108,6	121,5	103,0	82,5	78,0	90,2	110,4	1 114,5
Mauth - Finsterau	DE	114,3	89,3	113,8	69,4	88,4	113,4	123,9	107,6	92,9	86,1	110,8	136,0	1 246,0
Perlesreut	DE	98,9	77,8	81,6	54,2	80,1	100,9	112,9	93,9	71,5	68,2	85,9	106,4	1 032,2
Regen	DE	81,0	61,1	71,1	52,7	72,1	97,4	108,1	98,3	73,2	68,2	72,9	94,7	950,9
Sankt Oswald	DE	106,0	87,0	94,6	57,8	89,5	112,8	118,0	114,0	86,6	75,5	92,5	117,4	1 151,7
Schönberg	DE	104,2	80,6	86,0	58,3	83,5	97,8	116,5	97,8	75,9	70,1	87,2	111,2	1 069,1
Viechtach - Bühling	DE	76,8	62,1	73,9	58,4	85,3	107,1	116,2	99,2	77,6	64,2	73,5	87,4	981,7
Zwieslerwaldhaus	DE	131,2	103,3	110,9	70,6	93,0	112,6	129,7	117,9	92,0	92,0	115,3	153,0	1 321,4
Guglwald	AT	61,3	52,9	67,4	52,4	77,8	103,6	116,0	100,5	72,8	57,4	62,7	66,9	891,6
Haslach	AT	66,2	53,4	64,7	50,4	74,9	97,5	110,7	96,4	64,9	54,0	61,5	71,2	865,9
Langhalsen	AT	66,6	54,3	65,7	51,1	75,0	89,9	100,3	87,8	63,4	55,3	62,7	71,3	843,3
Oberkappel	AT	96,5	80,4	91,0	69,0	90,3	105,2	123,5	110,7	82,7	77,6	91,3	103,9	1 122,1
Pfarrkirchen	AT	77,7	71,6	83,0	63,7	90,0	108,7	125,5	113,5	75,7	65,5	73,0	85,8	1 034,0
Piberstein	AT	71,4	61,4	72,3	61,1	89,6	113,0	126,1	123,3	78,2	62,4	69,4	77,3	1 005,6
Sankt Peter	AT	63,7	54,4	62,2	52,5	78,3	102,8	108,5	103,8	66,1	55,7	61,5	67,8	877,2
Schlägl	AT	74,5	62,7	71,0	51,8	75,2	93,1	110,3	99,1	65,7	60,0	69,7	81,5	914,6
Schwarzenberg	AT	106,9	87,6	90,4	63,6	87,1	122,3	127,4	108,8	81,1	74,0	92,4	114,7	1 156,5
Waxenberg	AT	67,6	58,5	69,6	60,1	85,1	109,7	119,0	112,5	72,0	61,2	65,9	73,7	954,9
Průměr		83,5	68,6	80,9	60,8	83,1	105,9	116,6	103,7	75,5	67,7	78,0	93,7	1 018,0

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tab. 9: Měsíční rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)

Stanice	stát	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Husinec	CZ	4,603	4,266	6,923	7,075	10,715	14,060	14,356	12,792	7,889	5,976	6,226	5,119
Churáňov	CZ	7,699	6,534	8,377	6,918	8,341	10,444	11,686	10,183	7,124	6,390	7,468	8,835
Kašperské Hory	CZ	5,876	5,179	7,130	7,349	9,243	12,972	13,202	12,065	7,517	6,120	6,691	6,656
Klatovy	CZ	4,841	4,457	6,225	6,873	10,333	12,802	14,066	13,521	8,461	6,584	5,923	5,914
Kvilda	CZ	9,341	7,315	8,695	5,550	7,377	9,932	11,318	9,035	6,874	6,600	7,776	10,186
Nýrsko	CZ	6,507	5,272	6,712	6,511	9,671	11,893	12,597	11,717	8,187	6,902	6,636	7,395
Prácheň	CZ	9,057	7,862	8,815	6,264	7,011	8,874	9,879	8,534	7,293	7,225	8,196	10,992
Stožec	CZ	8,159	6,350	8,073	6,115	7,846	10,884	11,424	9,926	7,250	6,685	7,976	9,313
Špičák	CZ	8,792	7,411	8,878	6,376	7,339	9,425	10,316	9,128	7,532	6,876	7,837	10,091
Vimperk	CZ	5,991	5,143	7,254	6,679	9,752	12,848	13,334	11,902	7,476	6,222	6,692	6,707
Brennes	DE	9,463	7,623	8,890	5,998	7,163	8,788	10,071	8,581	7,203	6,792	8,346	11,082
Furth im Wald	DE	8,301	6,306	7,309	5,911	8,539	10,655	10,959	10,294	7,318	7,374	7,770	9,263
Grainet - Rehberg	DE	9,069	7,348	8,226	5,479	7,593	9,742	10,905	9,244	7,400	7,000	8,090	9,906
Mauth - Finsterau	DE	9,177	7,171	9,133	5,573	7,097	9,099	9,946	8,632	7,454	6,910	8,890	10,917
Perlesreut	DE	9,579	7,533	7,909	5,246	7,756	9,775	10,937	9,098	6,926	6,608	8,320	10,313
Regen	DE	8,523	6,428	7,477	5,546	7,586	10,244	11,369	10,336	7,699	7,169	7,666	9,957
Sankt Oswald	DE	9,207	7,553	8,217	5,019	7,767	9,794	10,244	9,896	7,524	6,555	8,030	10,193
Schönberg	DE	9,746	7,540	8,040	5,451	7,809	9,152	10,894	9,148	7,096	6,560	8,158	10,406
Viechtach - Bühling	DE	7,827	6,324	7,524	5,948	8,689	10,909	11,840	10,103	7,909	6,537	7,485	8,906
Zwieslerwaldhaus	DE	9,930	7,814	8,392	5,340	7,036	8,524	9,816	8,923	6,960	6,959	8,727	11,578
Guglwald	AT	6,874	5,936	7,557	5,873	8,727	11,625	13,011	11,271	8,160	6,434	7,032	7,499
Haslach	AT	7,646	6,162	7,470	5,824	8,646	11,262	12,789	11,138	7,497	6,239	7,099	8,227
Langhalsen	AT	7,899	6,438	7,788	6,056	8,888	10,658	11,899	10,410	7,512	6,557	7,435	8,460
Oberkappel	AT	8,597	7,164	8,111	6,150	8,048	9,373	11,009	9,869	7,369	6,911	8,136	9,262
Pfarrkirchen	AT	7,518	6,929	8,030	6,162	8,708	10,517	12,141	10,980	7,320	6,331	7,064	8,299
Piberstein	AT	7,104	6,102	7,194	6,079	8,907	11,239	12,543	12,256	7,779	6,209	6,904	7,685
Sankt Peter	AT	7,261	6,201	7,096	5,987	8,920	11,719	12,366	11,828	7,531	6,352	7,008	7,732
Schlägl	AT	8,144	6,851	7,765	5,663	8,220	10,184	12,064	10,833	7,183	6,562	7,622	8,908
Schwarzenberg	AT	9,245	7,577	7,819	5,502	7,532	10,574	11,020	9,409	7,015	6,396	7,993	9,918
Waxenberg	AT	7,077	6,125	7,290	6,292	8,911	11,485	12,460	11,779	7,544	6,409	6,905	7,722

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Obr. 12: Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%) - graf

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

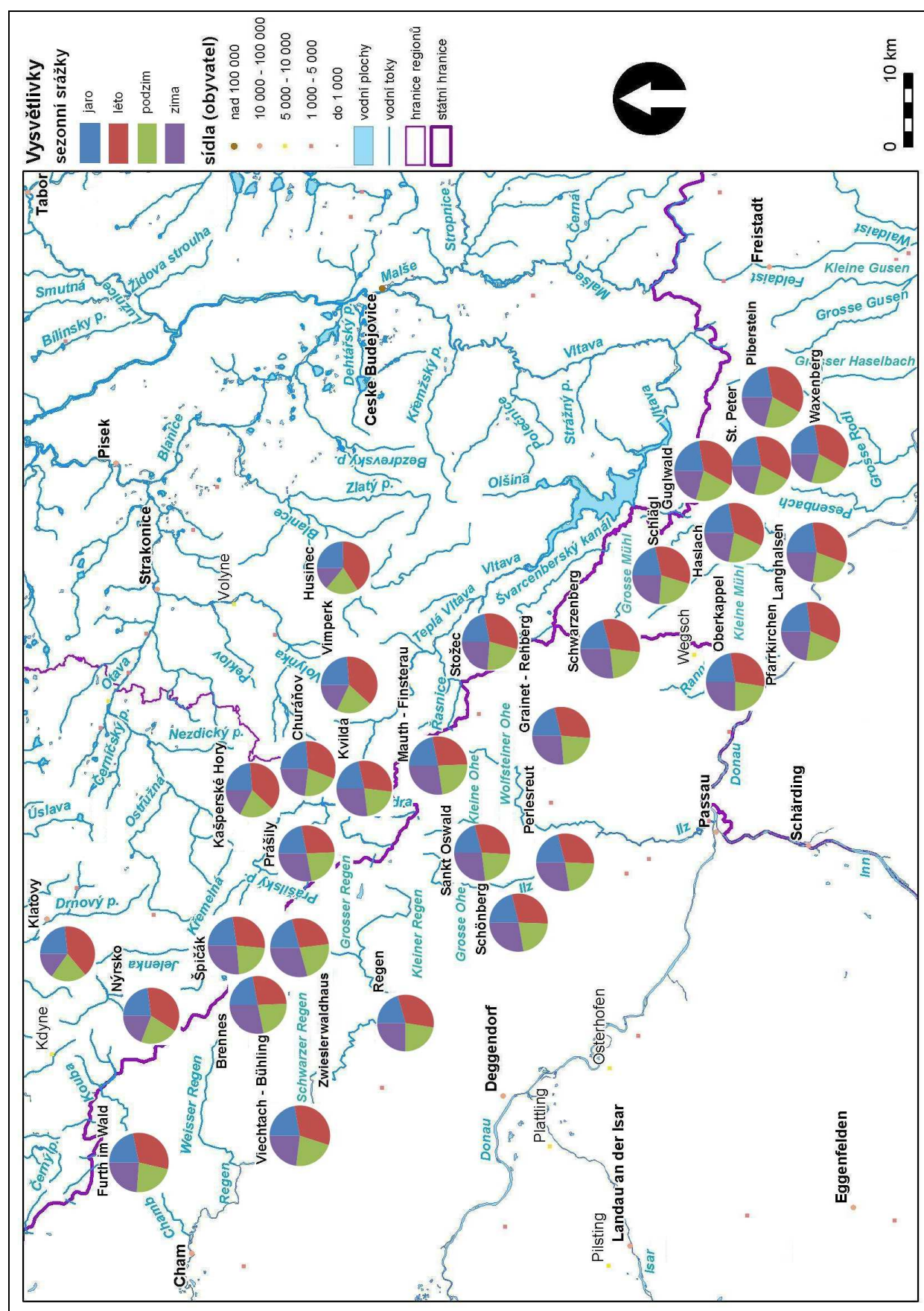
Tab. 10: Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)

Stanice	stát	jaro	léto	podzim	zima
Husinec	CZ	24,713	41,208	20,091	13,988
Churáňov	CZ	23,637	32,313	20,982	23,068
Kašperské Hory	CZ	23,722	38,239	20,328	17,711
Klatovy	CZ	23,430	40,389	20,968	15,212
Kvilda	CZ	21,622	30,285	21,250	26,842
Nýrsko	CZ	22,894	36,206	21,726	19,174
Prášíly	CZ	22,090	27,286	22,713	27,911
Stožec	CZ	22,034	32,234	21,912	23,821
Špičák	CZ	22,593	28,869	22,245	26,294
Vimperk	CZ	23,685	38,085	20,390	17,840
Brennes	DE	22,100	27,280	22,390	28,230
Furth im Wald	DE	21,759	31,909	22,463	23,870
Grainet - Rehberg	DE	21,337	29,946	22,346	26,371
Mauth - Finsterau	DE	21,853	27,512	23,307	27,328
Perlesreut	DE	20,911	29,810	21,854	27,425
Regen	DE	20,609	31,949	22,534	24,907
Sankt Oswald	DE	21,004	29,934	22,109	26,953
Schönberg	DE	21,300	29,194	21,814	27,692
Viechtach - Bühling	DE	22,161	32,852	21,931	23,057
Zwieslerwaldhaus	DE	20,768	27,264	22,646	29,322
Guglwald	AT	22,157	35,907	21,626	20,309
Haslach	AT	21,941	35,189	20,835	22,036
Langhalsen	AT	22,732	32,966	21,505	22,797
Oberkappel	AT	22,309	30,252	22,416	25,023
Pfarrkirchen	AT	22,901	33,638	20,716	22,746
Piberstein	AT	22,180	36,038	20,891	20,891
Sankt Peter	AT	21,649	33,081	21,368	23,902
Schlägl	AT	20,853	31,003	21,404	26,740
Schwarzenberg	AT	22,003	35,913	20,891	21,194
Waxenberg	AT	22,494	35,724	20,859	20,923

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Pokud jde o sezonní rozložení srážek, připadají největší úhrny zpravidla na léto, s výjimkou stanic Prášíly, Brennes a Zwieslerwaldhaus, u nichž je maximum dosaženo v zimě. Sezonní minima připadají shodně na jaro nebo podzim (v obou případech 12 stanic), řidčeji na zimu (7 stanic) a létě se vůbec nevyskytují. Prostorové rozložení sezonních srážek v celé zájmové oblasti znázorňuje mapa na obr. 13.

Obr. 13: Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)

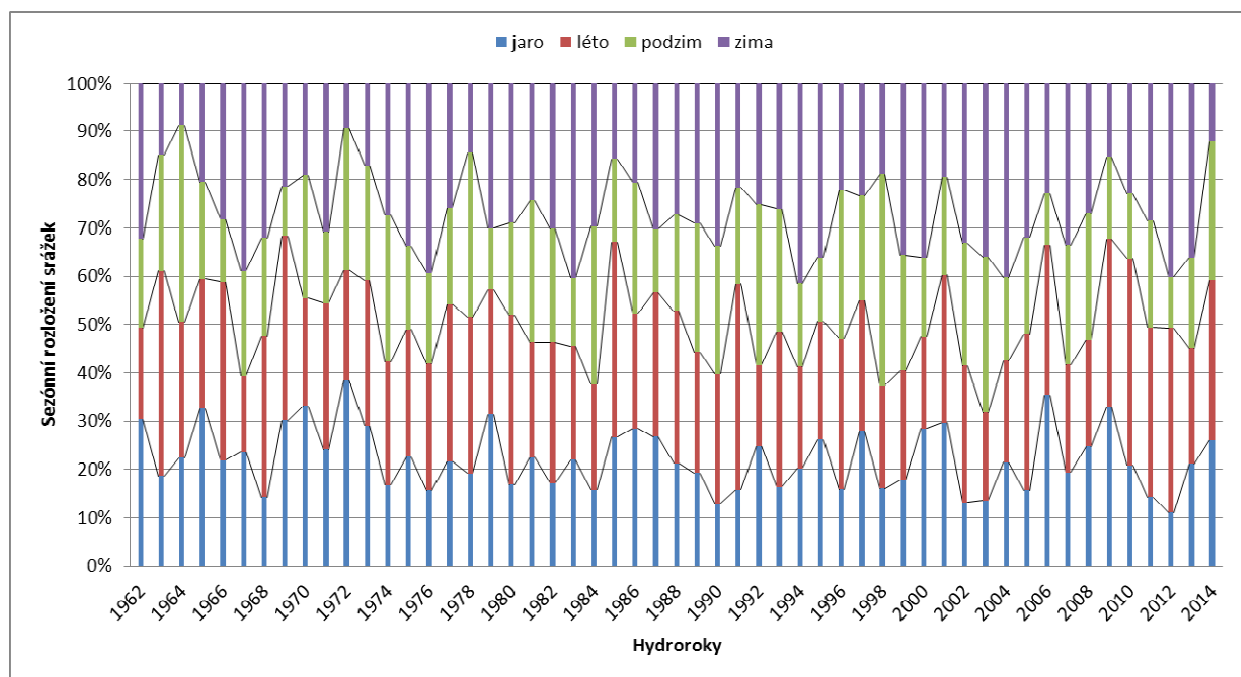


Data: Arc Europe, DIBAVOD, ČHMÚ, DWD, eHYD

Sezónní rozložení srážek je rovněž silně závislé na nadmořské výšce, přičemž se zdá, že čím výše daná stanice leží, tím větší podíl ročních srážek připadá na zimu a méně na léto. Pro ověření tohoto předpokladu byly vybrány tři stanice, které se nejvíce liší od ostatních v rámci sezónního rozložení srážek. U každé z nich byl zkoumán vývoj sezónního rozložení srážek od počátku měření do současnosti na souvislé řadě hydrologických roků.

V případě české stanice Prášíly (880 m n. m.) připadá v průměru nejvíce srážek na zimu (28 %) a nejméně na jaro (22 %). V průběhu let se tento trend sezónního rozložení srážek ještě více prohlubuje – jarních srážek mírně ubývá a zimních naopak přibývá. Rovněž zde dochází k poklesu podílu podzimních srážek (viz obr. 14).

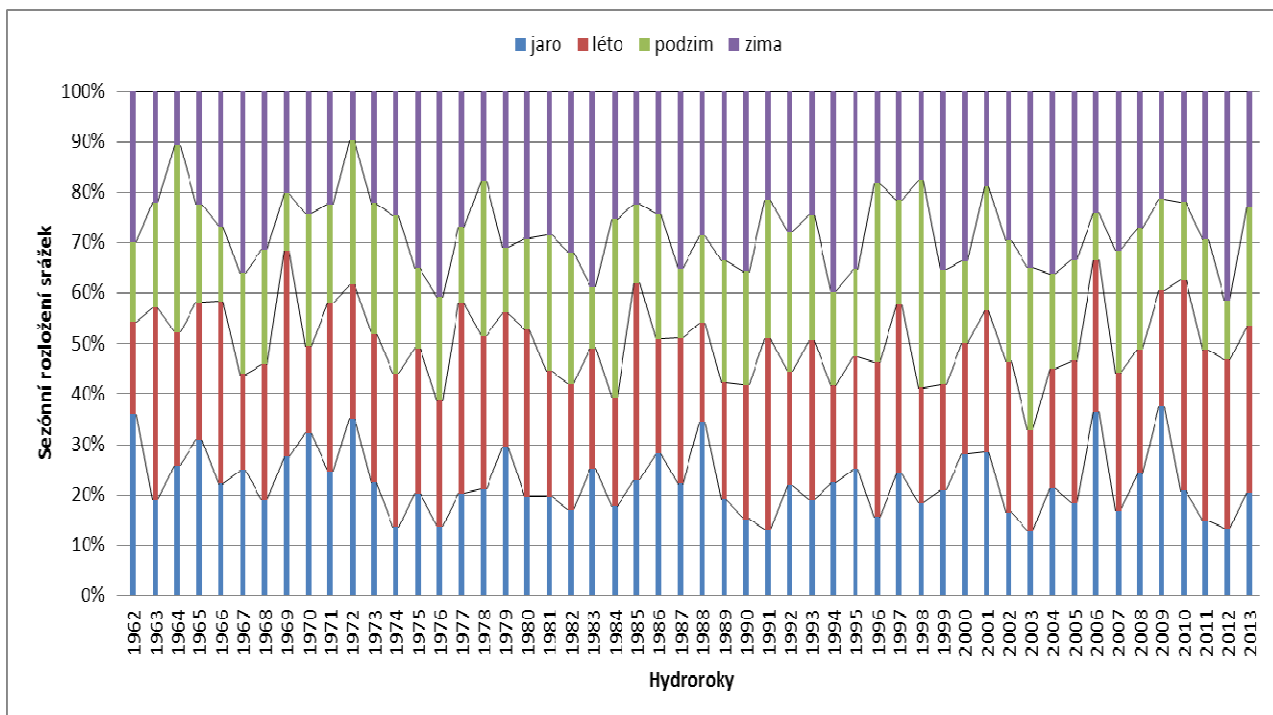
Obr. 14: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Prášíly (1962 – 2014)



Data: ČHMÚ

V případě německé stanice Brennes (1040 m n. m.) připadá stejně jako u Prášil nejvíce srážek na zimu (28 %) a nejméně na jaro (22 %). Zde je však prohlubování trendu v průběhu let ještě výraznější než v případě Prášil. Z grafu na obr. 15 je navíc patrné, že ještě v šedesátých a první polovině sedmdesátých let zde převládaly jarní a letní srážky nad zimními, což se v případě Prášil tak výrazně neprojevalo.

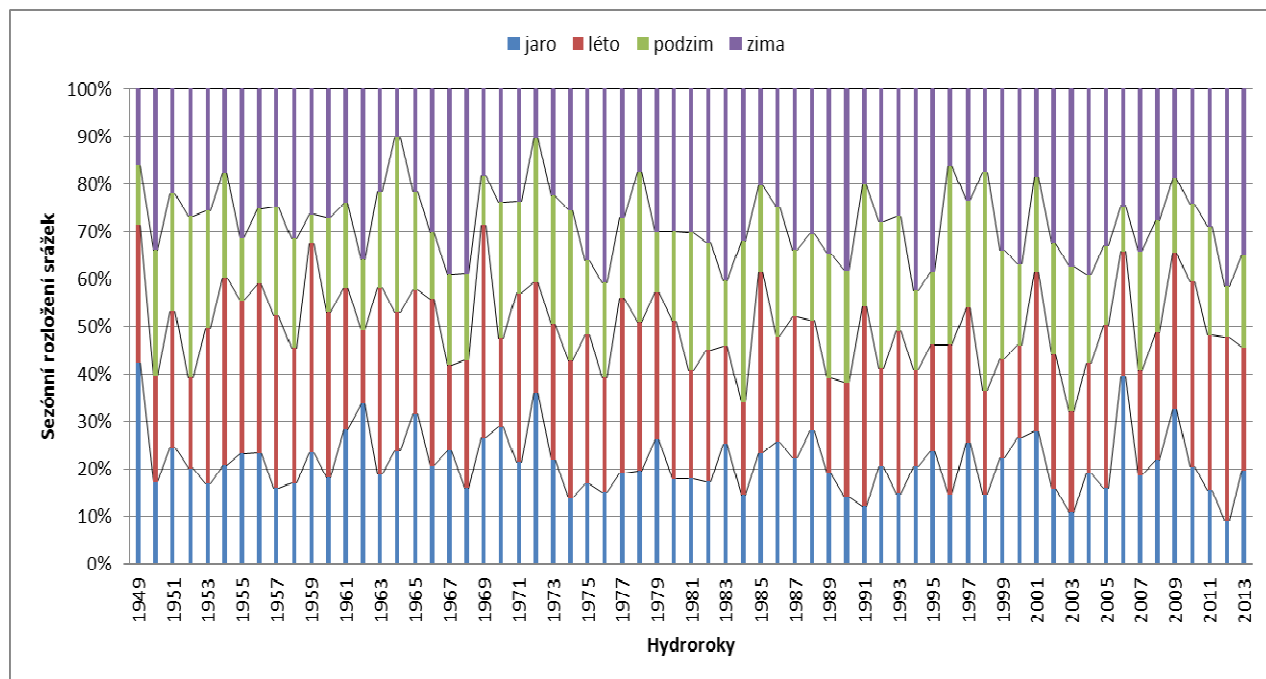
Obr. 15: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Brennes (1962 – 2013)



Data: DWD

Nejvíce se od ostatních stanic v sezónním rozložení srážek odlišuje Zwieslerwaldhaus. Zde připadá na zimu dokonce 29 % srážek, zatímco na jaro pouze 21 %. Také zde lze pozorovat postupný úbytek jarních a nárůst podzimních srážek. Navíc ještě v padesátých a šedesátých letech převládalo v podílech sezónních srážek léto (viz obr. 16). To se u předchozích dvou stanic neprojevalo, což však může být způsobeno mimo jiné tím, že stanice Zwieslerwaldhaus má ze všech tří výše jmenovaných nejdelší souvislou dobu pozorování (včetně již zmíněných padesátých let).

Obr. 16: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Zwieslerwaldhaus (1949–2013)



Data: DWD

3.1.8 Odtokové poměry

Podobně jako srážky se i odtok v oblasti Šumavy vyznačuje velkou časovou i prostorovou variabilitou vzhledem k velké rozloze i členitosti zájmové oblasti. Roli zde hrají především srážkové úhrny v povodí, ale také průměrný sklon v povodí, propustnost podloží a krajinný pokryv. Největší specifický odtok se obvykle vyskytuje u povodí s velkými sklony svahů a také nízkou propustností podloží.

Pro účely této práce bylo vybráno 25 srážkoměrných stanic, z nichž 10 se nachází na území ČR, 6 v Německu a 9 v Rakousku (viz obr. 23). Data měsíčních a ročních průtoků v případě ČR byla dostupná od let 1911 (stanice Rejštejn) až 1965 (Bohumilice), v případě Německa od let 1918 (Kalteneck) až 1954 (Schönberg) a v případě Rakouska od let 1951 (Furthmühle, Teufelmühle a Oberkappel) až 1984 (Zwettl). Podrobnější informace o jednotlivých povodích viz kap. 3.2.1.

Tab. 11: Měsíční rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966-2009 (m³/s)

Stanice	stát	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
Antýgl	CZ	0,39	0,34	0,57	0,90	0,80	0,54	0,51	0,45	0,37	0,35	0,36	0,41	0,50
Blanický mlýn	CZ	0,81	0,77	1,49	1,72	0,99	0,99	0,89	0,99	0,64	0,62	0,64	0,85	0,95
Bohumilice	CZ	0,98	0,91	1,69	1,74	1,14	1,08	0,85	0,93	0,66	0,64	0,71	0,98	1,03
Kolinec	CZ	1,25	1,10	1,83	1,90	1,40	1,24	1,17	1,14	0,92	0,94	1,01	1,29	1,27
Lenora	CZ	2,96	2,42	4,26	5,87	4,41	3,03	2,93	2,62	2,08	2,09	2,35	3,07	3,18
Modrava	CZ	2,71	2,30	3,66	6,30	7,02	3,70	3,13	2,58	2,49	2,49	2,70	2,93	3,50
Němětice	CZ	2,58	2,51	4,65	4,94	3,22	3,23	2,77	2,86	1,92	1,81	2,01	2,72	2,93
Podedvorský mlýn	CZ	1,74	1,59	3,17	3,70	2,26	2,33	2,04	2,11	1,33	1,32	1,35	1,87	2,07
Rejštejn	CZ	7,56	6,52	10,23	15,40	15,29	9,16	7,95	6,78	5,93	5,98	6,58	7,98	8,78
Sušice	CZ	9,65	8,46	13,22	19,17	18,34	11,38	9,78	8,56	7,18	7,31	8,15	10,01	10,93
Furth im Wald	DE	4,32	4,41	5,14	3,90	2,63	2,38	2,27	2,07	1,84	2,14	2,60	3,98	3,14
Kalteneck	DE	19,74	19,07	27,54	28,40	17,82	12,74	12,28	10,31	10,04	10,39	13,44	18,47	16,69
Kötzting	DE	4,98	4,67	5,82	6,56	5,17	4,23	4,01	3,62	3,34	3,41	3,76	4,83	4,53
Linden	DE	2,44	2,24	3,51	4,78	2,88	1,90	1,76	1,46	1,39	1,46	1,82	2,35	2,33
Schönberg	DE	2,10	1,98	3,09	3,84	2,48	1,69	1,61	1,33	1,31	1,34	1,65	2,04	2,04
Teisnach	DE	15,31	14,68	20,59	24,01	17,49	12,36	11,55	10,15	9,59	9,65	11,75	15,33	14,37
Furthmühle	AT	6,40	5,92	9,64	9,94	6,24	4,35	4,41	3,76	3,33	3,52	4,25	5,98	5,64
Hartmannsdorf	AT	2,27	2,23	3,68	3,59	2,04	1,74	1,72	1,77	1,31	1,30	1,48	2,17	2,11
Oberkappel	AT	3,63	3,49	5,12	4,82	3,10	2,53	2,60	2,34	2,17	2,30	2,62	3,53	3,19
Obermühl	AT	5,06	4,79	7,03	4,65	2,60	1,94	2,08	1,90	1,78	1,85	2,76	4,23	3,39
Rottenegg	AT	4,06	4,09	6,21	5,15	2,84	2,53	2,64	2,76	1,98	2,06	2,52	3,79	3,38
Teufelmühle	AT	10,10	9,34	15,19	15,45	9,44	6,96	7,02	6,29	5,34	5,59	6,47	9,41	8,88
Vorderanger	AT	3,30	3,01	5,20	5,47	3,16	2,27	2,38	2,02	1,88	2,02	2,41	3,27	3,03
Zwettl - Diestlbach	AT	0,46	0,50	0,86	0,75	0,40	0,31	0,32	0,37	0,28	0,27	0,33	0,46	0,44
Zwettl - G. Rodl	AT	0,97	0,97	1,74	1,29	0,70	0,52	0,54	0,67	0,44	0,47	0,60	0,92	0,82
Průměr		4,63	4,33	6,61	7,37	5,35	3,81	3,57	3,19	2,78	2,85	3,37	4,51	4,37

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

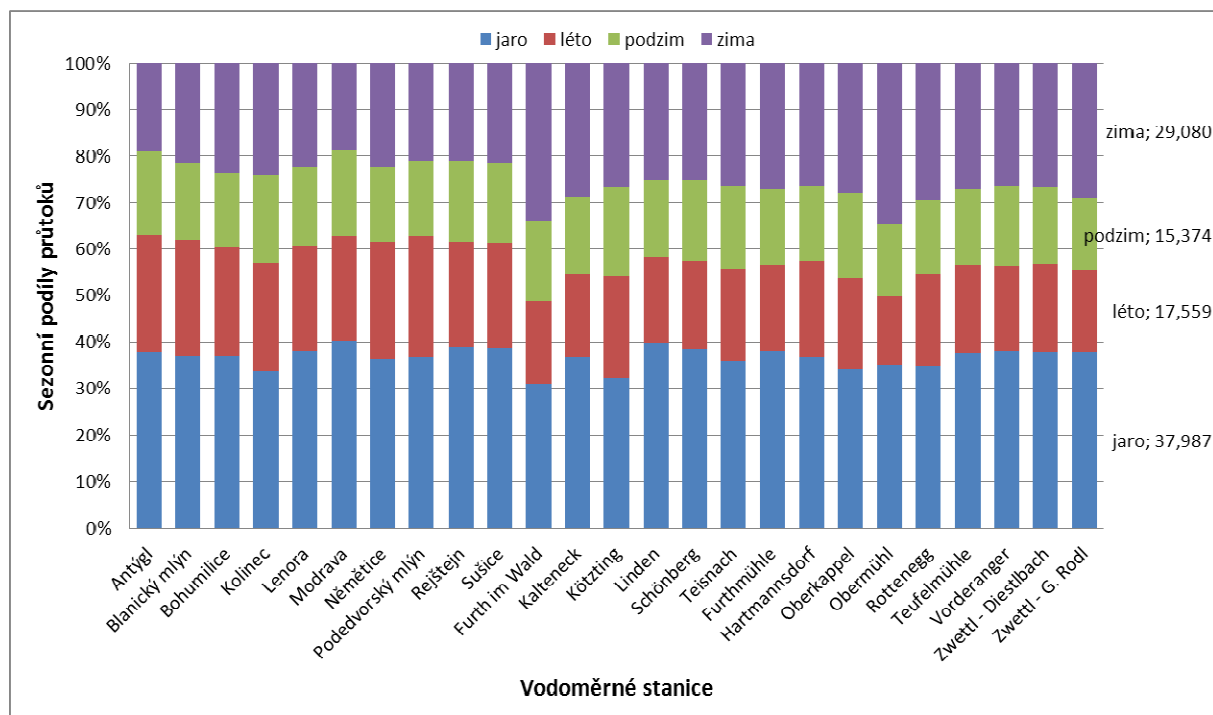
Tab. 12: Měsíční rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966-2009 (%)

Stanice	stát	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Antýgl	CZ	6,501	5,687	9,528	15,052	13,361	9,051	8,527	7,514	6,161	5,793	6,027	6,797
Blanický mlýn	CZ	7,111	6,780	13,114	15,144	8,702	8,654	7,777	8,666	5,583	5,465	5,583	7,421
Bohumilice	CZ	7,990	7,424	13,717	14,120	9,239	8,800	6,925	7,549	5,329	5,187	5,776	7,945
Kolinec	CZ	8,221	7,251	12,049	12,506	9,195	8,156	7,670	7,486	6,072	6,211	6,671	8,512
Lenora	CZ	7,768	6,354	11,189	15,398	11,586	7,953	7,687	6,875	5,465	5,482	6,174	8,069
Modrava	CZ	6,454	5,478	8,720	14,993	16,711	8,807	7,456	6,142	5,924	5,922	6,419	6,973
Němětice	CZ	7,322	7,123	13,215	14,020	9,134	9,178	7,864	8,126	5,443	5,154	5,696	7,726
Podedvorský mlýn	CZ	7,017	6,395	12,792	14,916	9,110	9,403	8,217	8,494	5,345	5,331	5,444	7,535
Rejštejn	CZ	7,179	6,189	9,708	14,617	14,508	8,697	7,545	6,434	5,630	5,672	6,246	7,577
Sušice	CZ	7,351	6,448	10,077	14,613	13,977	8,677	7,450	6,526	5,472	5,572	6,212	7,626
Furth im Wald	DE	11,467	11,705	13,642	10,348	6,973	6,319	6,016	5,502	4,880	5,689	6,894	10,565
Kalteneck	DE	9,859	9,523	13,754	14,184	8,898	6,362	6,133	5,150	5,015	5,187	6,711	9,225
Kötzting	DE	9,160	8,586	10,692	12,054	9,509	7,769	7,372	6,658	6,131	6,271	6,916	8,882
Linden	DE	8,723	8,013	12,549	17,092	10,299	6,798	6,272	5,212	4,974	5,204	6,485	8,379
Schönberg	DE	8,594	8,102	12,630	15,712	10,131	6,892	6,586	5,440	5,349	5,476	6,755	8,332
Teisnach	DE	8,875	8,512	11,939	13,918	10,139	7,169	6,698	5,887	5,563	5,598	6,815	8,888
Furthmühle	AT	9,448	8,742	14,229	14,673	9,209	6,415	6,508	5,550	4,921	5,195	6,278	8,832
Hartmannsdorf	AT	8,955	8,830	14,539	14,194	8,053	6,885	6,812	7,000	5,162	5,140	5,836	8,595
Oberkappel	AT	9,497	9,135	13,376	12,601	8,096	6,619	6,798	6,119	5,685	6,009	6,840	9,224
Obermühl	AT	12,457	11,778	17,282	11,428	6,386	4,770	5,110	4,678	4,385	4,540	6,794	10,393
Rottenegg	AT	9,986	10,059	15,288	12,689	6,993	6,222	6,487	6,783	4,873	5,083	6,214	9,324
Teufelmühle	AT	9,478	8,762	14,248	14,494	8,857	6,525	6,583	5,903	5,010	5,246	6,070	8,824
Vorderanger	AT	9,072	8,260	14,291	15,022	8,699	6,245	6,538	5,539	5,171	5,551	6,632	8,981
Zwettl - Diestlbach	AT	8,592	9,371	16,158	14,211	7,574	5,839	6,016	7,030	5,191	5,089	6,293	8,636
Zwettl - G. Rodl	AT	9,877	9,845	17,713	13,141	7,133	5,280	5,501	6,778	4,504	4,758	6,113	9,358

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Stejně jako v případě srážkoměrných stanic byly i pro průtoky zpracovány analýzy měsíčního (tab. 11 a 12) a sezonního rozložení průtoků (tab. 13) pro společné období let 1966-2009. Sezonní rozložení průtoků v prostorové podobě znázorňuje mapa na obr. 18. Můžeme zde pozorovat, že měsíční maxima průtoků u většiny stanic se vyskytují zejména v dubnu a částečně i v březnu, zatímco minima připadají většinou na září nebo říjen. Pouze u stanic Antýgl a Modrava nastávají měsíční minima v únoru. Pokud jde o sezonní maxima průtoků, nastávají vždy na jaře s výjimkou stanice Furth im Wald, kde maximum připadá na zimu. Sezonní minima oproti tomu bývají vždy na podzim s výjimkou stanice Obermühl s minimem v létě. Pro stanice, které se svým rozložením průtoků vymykají ostatním, byly zpracovány grafy časového vývoje jejich sezonního rozložení (obr. 19, 20 a 21).

Obr. 17: Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966 - 2009 (%)
- graf



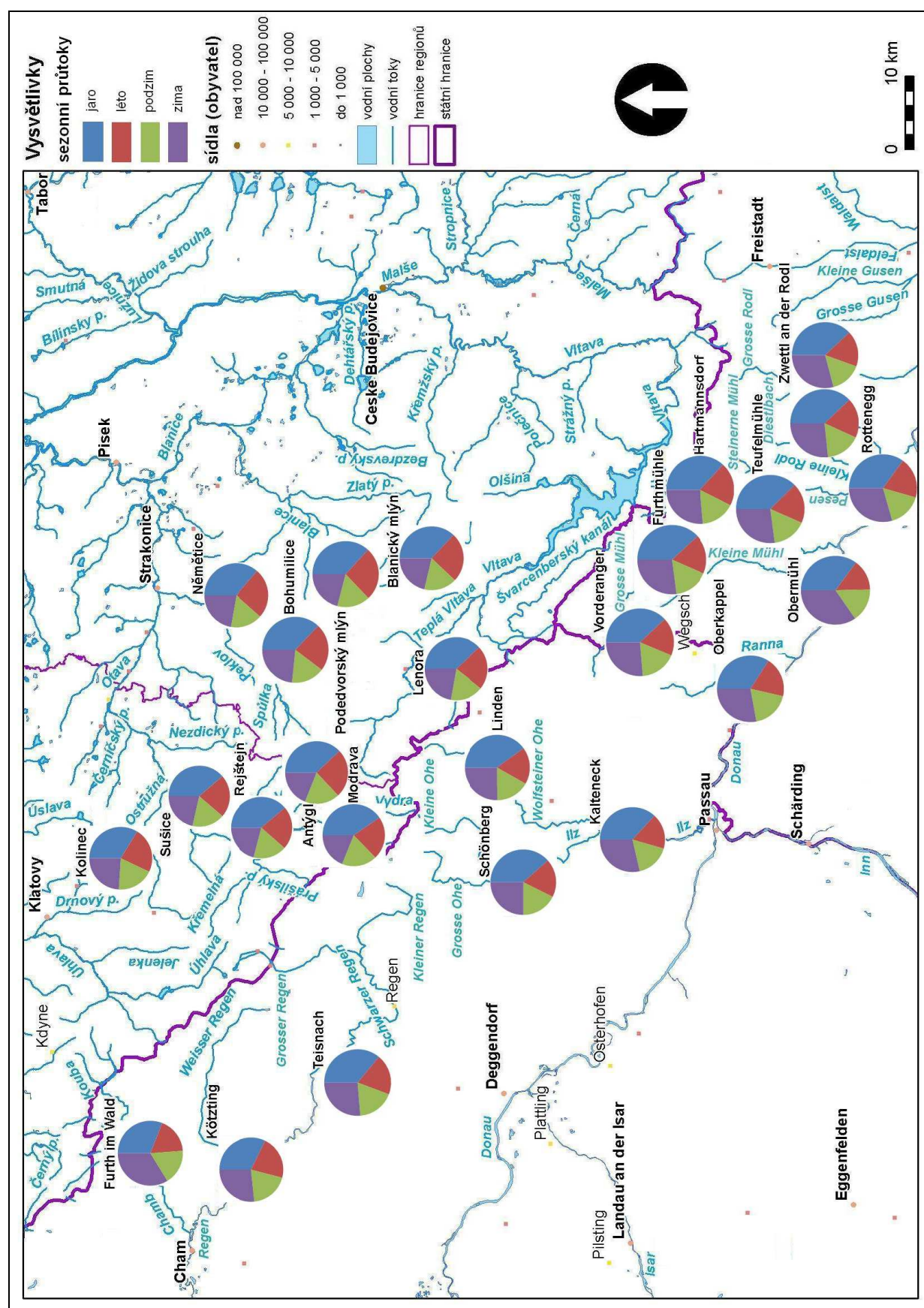
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 13: Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966 - 2009 (%)

Stanice	stát	jaro	léto	podzim	zima
Antýgl	CZ	37,941	25,092	17,981	18,985
Blanický mlýn	CZ	36,960	25,097	16,631	21,312
Bohumilice	CZ	37,076	23,273	16,292	23,359
Kolinec	CZ	33,750	23,312	18,954	23,984
Lenora	CZ	38,173	22,515	17,121	22,191
Modrava	CZ	40,424	22,406	18,265	18,905
Němětice	CZ	36,369	25,168	16,293	22,171
Podedvorský mlýn	CZ	36,818	26,115	16,120	20,947
Rejštejn	CZ	38,833	22,675	17,547	20,944
Sušice	CZ	38,666	22,653	17,256	21,425
Furth im Wald	DE	30,963	17,837	17,463	33,737
Kalteneck	DE	36,836	17,645	16,913	28,607
Kötzting	DE	32,255	21,800	19,318	26,628
Linden	DE	39,940	18,282	16,663	25,115
Schönberg	DE	38,472	18,919	17,580	25,029
Teisnach	DE	35,996	19,753	17,976	26,275
Furthmühle	AT	38,111	18,474	16,394	27,021
Hartmannsdorf	AT	36,786	20,697	16,138	26,379
Oberkappel	AT	34,074	19,536	18,534	27,856
Obermühl	AT	35,096	14,558	15,718	34,627
Rottenegg	AT	34,970	19,492	16,170	29,368
Teufelmühle	AT	37,599	19,011	16,326	27,064
Vorderanger	AT	38,012	18,321	17,354	26,313
Zwettl - Diestlbach	AT	37,944	18,885	16,573	26,599
Zwettl - G. Rodl	AT	37,987	17,559	15,374	29,080

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 18: Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966 - 2009 (%)

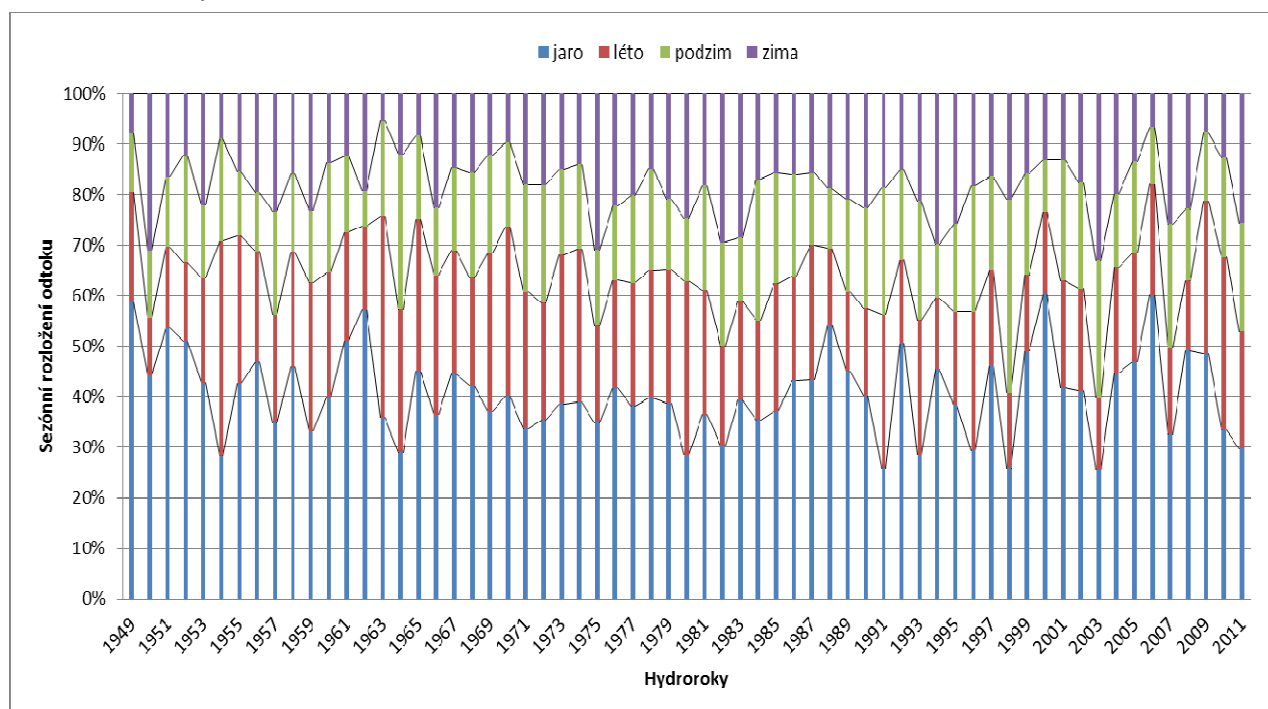


Data: Arc Europe, DIBAVOD, ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Sezónní rozložení odtoku je podobně jako u srážek rovněž silně závislé na nadmořské výšce, ovšem zde se na rozdíl od srážek dá očekávat, že čím výše dané povodí leží, tím větší podíl průtoků připadá na léto, zatímco u níže položených se maxima blíží více k zimě, protože zde sníh taje dříve. Pro ověření tohoto předpokladu byly vybrány tři stanice, které se nejvíce liší od ostatních v rámci sezonního rozložení sprůtoků. U každé z nich byl zkoumán vývoj sezonního rozložení srážek od počátku měření do současnosti na souvislé řadě hydrologických roků.

V případě českých české stanice Modrava v povodí Vydry (průměrná nadmořská výška 1136 m) připadá na jaro největší podíl průtoků ze všech stanic (přes 40 %). Jak ukazuje graf na obr. 19, tento podíl se během let výrazně neměnil. Pouze od poloviny 90. let minulého století sezonní podíly více kolísají, když se podíl jarních průtoků pohybuje 27 % v roce po 60 % v letech 2000 a 2006, což může svědčit o výraznějších klimatických výkyvech posledních let.

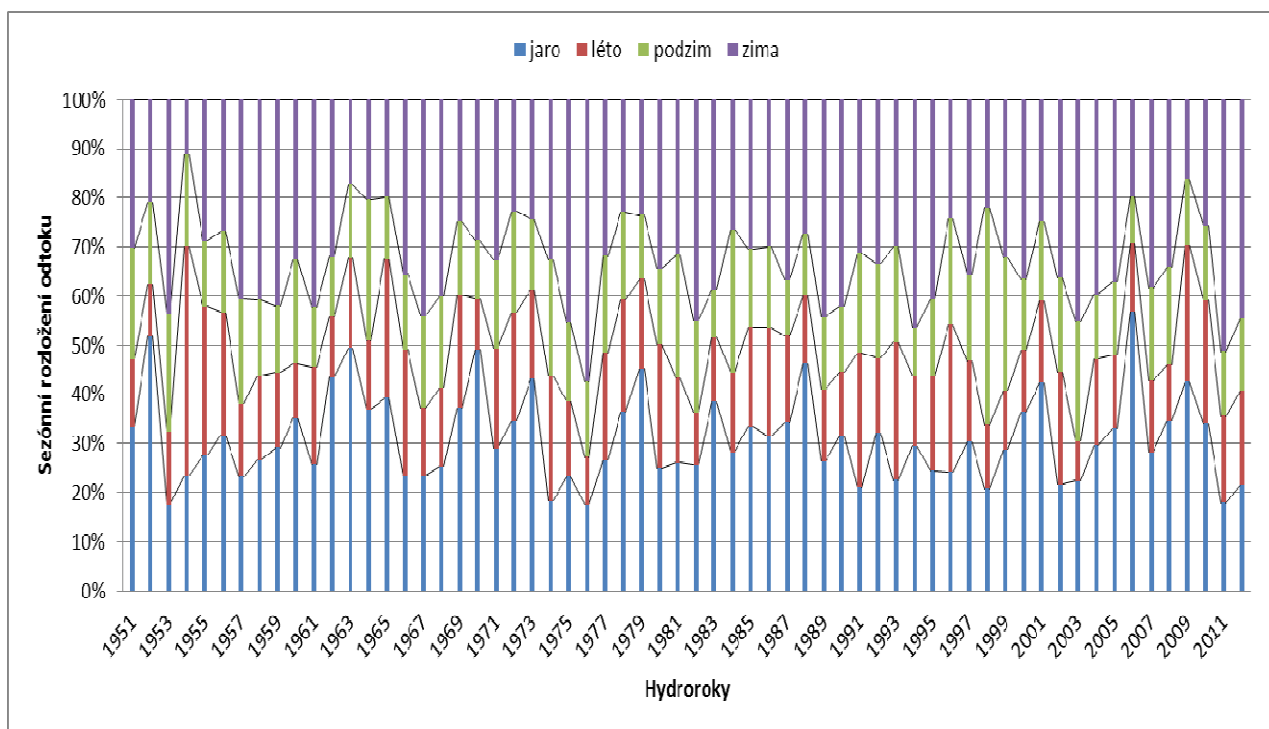
Obr. 19: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Modrava (1949 – 2011)



Data: ČHMÚ

V případě německé stanice Furth im Wald v povodí řeky Chamb (průměrná nadmořská výška 516 m) připadá jako u jediné ze všech stanic maximum průtoků na zimu (průměrně téměř 34 %). Jak vidět z grafu na obr. 20, tento poměr zde platí přibližně od poloviny 70. let minulého století (předtím byl poměr mezi jarem a zimou vyrovnaný). V posledních přibližně dvaceti letech dochází postupnému úbytku jarních průtoků ve prospěch léta s výjimkou let 2006 a 2009). Tento trend by se dal vysvětlit vyššími teplotami v zimních měsících a tím i dřívějším táním sněhu v níže položených povodích.

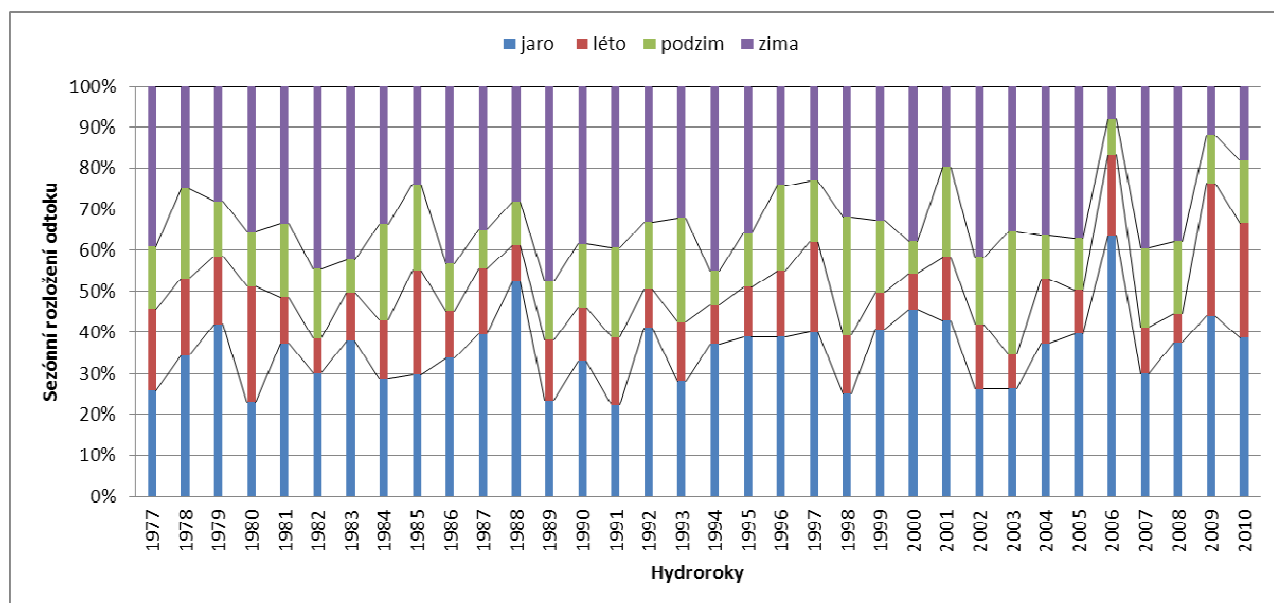
Obr. 20: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Furth im Wald (1951 – 2012)



Data: HND Bayern

Rakouská stanice Obarmühl v povodí řeky Kleine Mühl (průměrná nadmořská výška 600 m) se od ostatních liší tím, že sezónní minimum průtoků zde nenastává na podzim, ale v létě (přibližně 14, 5 %). Jak ukazuje graf na obr. 21, tento podíl se v průběhu let výrazně neměnil. V posledních deseti letech však dochází k většímu kolísání podílů jarních a zimních průtoků a úbytku podílu podzimních průtoků.

Obr. 21: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Obermühl (1977 – 2010)



Data: eHYD

3.2 Hodnocení změn

Dlouhodobé změny se geovědách nejčastěji sledují na tzv. časových řadách. Jedná se o soubory hodnot, které se nevyskytují kontinuálně, ale diskrétně, tedy v konečných časových intervalech. Nejčastěji se u časových řad sledují časové odchylky (změny), které se dále dělí na cyklické a necyklické. Mezi necyklické změny patří např. lineární nebo nelineární trend, který vyjadřuje dlouhodobou tendenci vývoje časové řady. Nelineární trend navíc nesmí v časových řadách obsahovat žádná relativní maxima a minima. Cyklické změny naopak tato maxima či minima vykazovat mohou. Pokud intervaly mezi nimi i amplitudy konstantní, jde o periodické změny (Královec, 2009).

V této práci je zjišťována absolutní i relativní homogenita časových řad a také dlouhodobý trend jejich vývoje. Zatímco testy absolutní homogenity využívají při testování pouze jednu datovou řadu, rozšířenější testy relativní homogenity porovnávají mezi sebou dvě řady dat. První řada je referenční a musí mít zajištěnou homogenitu, zatímco druhá řada je testována a porovnávána s řadou první. Relativní homogenita nastává tehdy, pokud rozdíly nebo podíly u odpovídajících si dvojic tvoří řadu náhodných čísel vyhovující zákonu chyb (Štěpánek, 2004).

3.2.1 Testy absolutní homogenity

Pro testování absolutní homogenity srážek a průtoků byl použit Pettittův test (též Pettitt-Mann-Whitney test), který byl vyvinut Pettittem (1979) a bod zlomu v časové řadě identifikuje jako významnou změnu ve střední hodnotě (průměru nebo mediánu). Test počítá s pořadím jednotlivých prvků v rámci řady a proto je také méně citlivý k odlehklým hodnotám. Má následující vzorec:

$$U_t = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^N \text{sgn}(X_i - X_j), \quad K_T = \max_{1 \leq t \leq T} |U_t|$$

, testovací statistika má vzorec:

kde N je délka časové řady a t je rok pravděpodobné změny. Maximální hodnota K_T pak představuje pravděpodobný bod změny. Nulová hypotéza zde předpokládá absenci bodu změny. Můžeme ji zamítnout, pokud je vypočtená hodnota pravděpodobnosti p menší než zvolená hladina významnosti. V takovém případě je daná řada nehomogenní a je rozdělena na dvě části v bodě zlomu t . Tento test pro analýzu srážkových či průtokových řad použili např. Basistha et al. (2009), Buishand (1982), Ledvinka (2008) nebo Královec (2009).

3.2.2 Testy relativní homogenity

Testy relativní homogenity jsou v geovědách v posledních letech rozšířenější než testy absolutní homogenity. Porovnávají časovou řadu se zajištěnou homogenitou s další řadou, u níž je homogenity nejistá a chceme ji zjistit. Zřejmě nejpoužívanějším testem relativní homogenity je Alexanderssonův test (Alexandersson, 1986, 1997), který byl v této práci použit k testování časových řad ročních průtoků. Byl použit v mnoha studiích, zejména pro analýzu řad průtoků (Tošič, 2004; Štěpánek, 2004; Ledvinka, 2008; Královec, 2009).

Test funguje tak, že u zkoumané řady vytvoří řadu poměrů Q_i mezi testovanou a referenční řadou a výslednou řadu standardizuje na normální rozdělení. Tím je docíleno řady Z_i s nulovým průměrem (Q) a jednotkovou směrodatnou odchylkou (σ_Q). Nulová hypotéza H_0 platí, když Z patří do intervalu $N(0,1), i = 1, \dots, n$. Alternativní hypotéza H_1 platí, když Z patří do intervalu $N(\mu_1,1), i = 1, \dots, a$ nebo $N(\mu_2,1), i = 1, \dots, a+1, \dots, n$. N označuje normální rozdělení a a rok zlomu. Jestliže hodnota testovacího kritéria T je

větší než tabelovaná kritická hodnota, můžeme řadu na dané hladině významnosti považovat za nehomogenní. Nevýhodou tohoto testu je, že může být použit pouze na jednoduchý zlom a navíc rok nejpravděpodobnější změny se může vyskytovat příliš blízko začátku či konce řady (Štěpánek, 2004).

Pro analýzu homogenity řad srážek a průtoků se používají také další testy, např. Kruskal-Wallisův test pro více časových subřad (Královec, 2009; Kaňok, 1997), Wilcoxonův test (Štěpánek, 2004), SNHT test (Cahynová, Huth, 2007; Khaliq et al., 2007) nebo součtové čáry (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009; Ledvinka, 2008; Královec, 2009; Fiala, 2012), v této práci však nebyly použity.

3.2.3 Mann - Kendall test

Mann - Kendallův test slouží k detekci dlouhodobého ročního i sezónního trendu (Libiseller, 2004). Je hojně používaný pro svou jednoduchost a názornost. Byl použit v tuzemských studiích (Kliment, Matoušková, 2009, 2011; Ledvinka, 2008; Královec, 2009) i v zahraničí (Burn, 2004; Buishand, 1981; Kahya, Kalanci, 2004). Sezónní Mann - Kendallův test má vzorec:

$$T_j = \sum_{k < l} \text{sign}(Z_{ij} - Z_{kj})$$

kde j představuje sezónu, např. měsíc. Test má dva parametry detekce trendu: $MK-S$ určující směr a velikost trendu a p - hodnotu vyjadřující míru signifikance (čím blíže 0, tím větší významnost testu). Výhodou tohoto testu je, že dokáže pracovat i s velmi dlouhými datovými řadami a nevádí, pokud jednotlivé řady nejsou stejně dlouhé nebo část dat chybí (stanice v tu dobu neměřila).

Test jako program makro MULTMK/PARTMK v programovacím jazyce Visual Basic pro MS Excel vytvořil Anders Grimvall a dále rozvinula Claudia Libiseller z univerzity v Linköpingu. Pomocí tohoto testu byl zjišťován dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek a také průměrných a minimálních měsíčních a ročních průtoků. Průměrné hodnoty byly vloženy jako vstupní data do připraveného makra v MS Excel, kde bylo ještě před spuštěním testu nutné zadat čísla sloupců představujících roky, sezóny a proměnné. Na rozdíl od testů homogenity zde bylo počítáno se všemi daty všech sledovaných stanic od počátku měření, kde data nebyla dodatečně doplňována, aby byl test co nejvíce reprezentativní.

3.2.4 Orografická metoda

Jelikož ve většině horských oblastí, Šumavu nevyjímaje, jsou klimatické stanice umístěny v údolích, kde žije nejvíce obyvatel, je počet těchto stanic ve vyšších polohách většinou malý a tudíž nedostatečný pro klasickou plošnou interpolaci. V případě prosté plošné interpolace např. srážek na plochu povodí by tak byly hodnoty pro nejvyšší polohy značně podhodnocené. Z tohoto důvodu je pro takové účely vhodnější použít tzv. orografickou interpolaci, která zohledňuje vztah zejména dlouhodobých průměrů či úhrnů klimatických veličin (např. srážek, sněhových úhrnů, teploty vzduchu, atd.) a nadmořské výšky. Jsou tak lépe vyjádřeny hodnoty i u těch míst, která mají řídkou síť stanic (Královec, 2009).

Pro účely této metody je třeba vytvořit digitální model reliéfu (rastr nadmořských výšek), který bude dobře vystihovat studovanou oblast. Dalším nutným předpokladem je zjištění vztahu mezi průměrnými hodnotami nebo úhrny sledovaných veličin a nadmořskými výškami příslušných stanic, např. pomocí rovnice regrese. Z hodnot v rastru se dá spočítat vážený průměr nadmořských výšek pro dané území a poté podle regresní rovnice hodnoty klimatických veličin vztažených k ploše.

V této práci je zkoumán tzv. orografický efekt, což v tomto případě znamená vztah srážkových úhrnů a nadmořských výšek a jeho změny. Proto byl vytvořen rastr nadmořských výšek pro celou oblast Šumavy, tj. pro českou, německou i rakouskou část dohromady. Stejně tak byla vypočtena i souhrnná regresní rovnice pro roční srážkové úhrny a všechny stanice ve společném období let 1971-2010, aby vypočtené hodnoty byly co nejvíce reprezentativní. Do regrese byly zahrnuty všechny dostupné stanice, které v daném období měřily, ne pouze stanice vybrané pro analýzu dlouhodobého trendu. Důvodem bylo zaručení co největší shody vypočteného vztahu se skutečností. Tuto metodu pro výpočet srážek na povodí použili např. Šercl (2008), Královec (2009) nebo Šmídová (2009). Pro výpočet teploty vzduchu nebo výšky sněhové pokrývky tuto metodu použila např. Chaloušková (2004).

Podle dané regresní rovnice a průměrné nadmořské výšky byly vypočteny hodnoty ročních srážek na každé povodí a pro každý hydrologický rok. Následně byla vypočtena odtoková výška podle vztahu $H_O = Q * 31\,536 / F$ (Q představuje průtok a F plochu povodí) a podle vzorce $\Phi = H_O / H_S$ (H_S představuje roční úhrn srážek) také odtokový koeficient, jehož hodnoty pro každé povodí byly nakonec zanalyzovány Mann – Kendallovým testem.

3.3 Zdroje dat

Data pro tuto práci byla použita většinou z volně dostupných databází (s výjimkou databází ČHMÚ a HND Bayern) a byla vybrána tak, aby byla navzájem porovnatelná v rámci celé zájmové oblasti. Dají se rozdělit do tří základních kategorií podle účelu jejich využití – data pro digitální model reliéfu, hydrologická a klimatická data a dále data krajinného pokryvu.

3.3.1 Digitální model reliéfu

Pro vytvoření digitálního modelu reliéfu (dále jen DMR) byla použita výšková data z databáze ASTER GDEM. Jedná se o společný projekt japonského Ministerstva ekonomiky, obchodu a průmyslu a americké NASA. Využívá data z japonské družice ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) vypuštěné do kosmu prostřednictvím NASA v roce 1999 a počínaje únorem roku 2000 sbírající data o teplotě, intenzitě vyzařování, odrazivosti a nadmořské výšce zemského povrchu. Od roku 2009 je tak uživatelům k dispozici databáze rastrových dat GDEM (Global Digital Elevation Model) zahrnující téměř celý zemský povrch (cca od 83° s. š. po 83° j. š.). Horizontální rozlišení dat je cca 30 m, což je výrazně více než ostatní srovnatelné světové databáze (např. SRTM3 má rozlišení 90 m a GTOPO30 dokonce 1000 M). Data jsou k dispozici podle polí zeměpisné sítě (vždy 1 x 1 stupeň zeměpisné šířky a délky, což znamená 3601 x 3601 pixelů). (ASTER GDEM, 2009)

Pro vytvoření digitálního modelu reliéfu zájmového území bylo potřeba celkem 6 takovýchto polí, která byla v programu ArcGIS sloučena do jednoho celku (pomocí funkce Merge rasters) a následně byly vytvořeny mapy sklonitosti (funkce Slope) a orientace svahů v zájmovém území (funkce Aspect). Pro českou republiku jsou pochopitelně k dispozici podrobnější výšková data, ale pro účely této práce jsou dostatečná. Navíc by nebylo možné porovnávat hodnoty v rámci celé zájmové oblasti.

Pro vytvoření říční sítě a rozvodnic jednotlivých povodí byla použita data z české databáze DIBAVOD a zahraniční databáze Arc Europe určené pro program ArcGIS, v případě německých a rakouských vodních toků byla tato vrstva z větší části

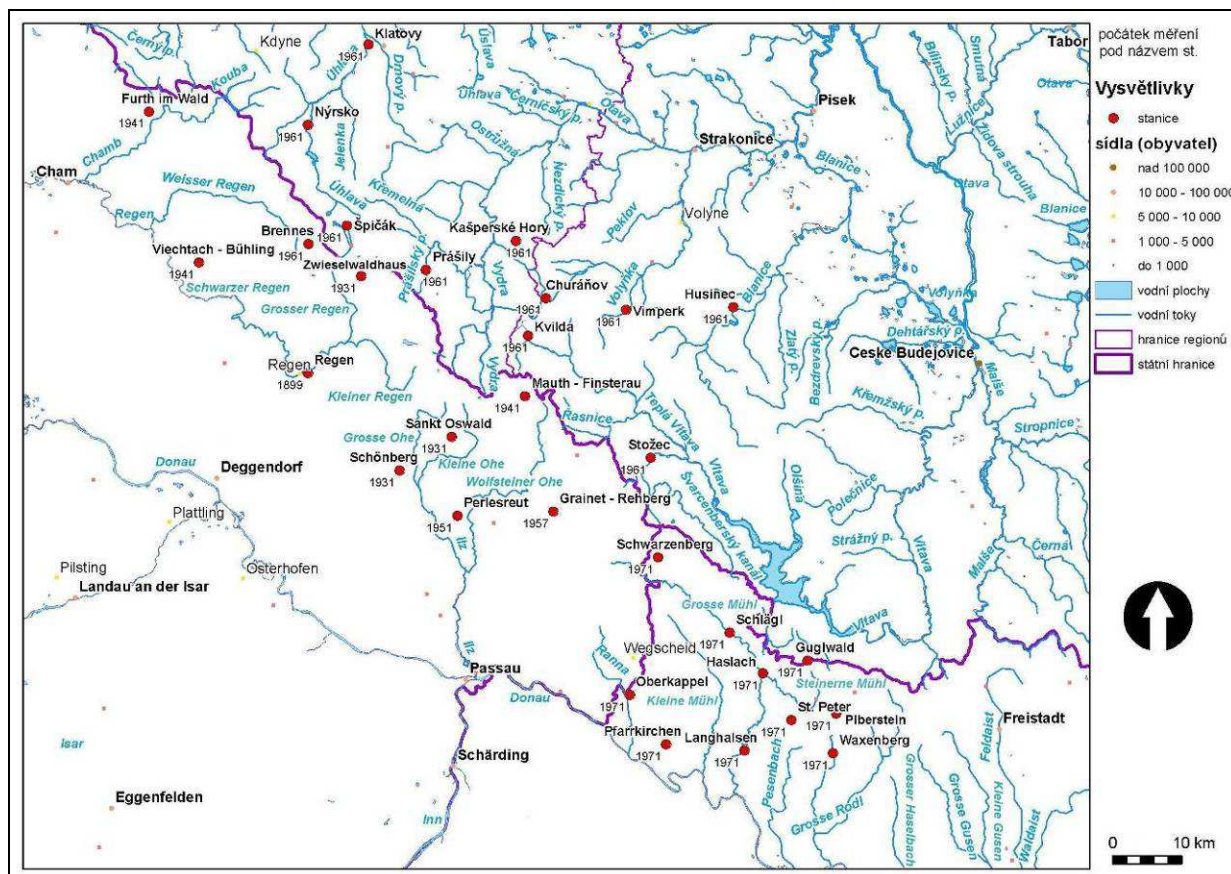
vektorizována ručně na základě vytvořeného DMR a také podkladové mapy World topographic map použité v programu ArcGIS jako služba WMS.

3.3.2 Hydrologická a klimatická data

Pro analýzu změn srážko-odtokového režimu byla použita data z hydrologické a klimatologické databáze ČHMÚ pro české stanice. Pro německé stanice byla použita srážková data z klimatické databáze Web Werdis spravované DWD (Deutscher Wetterdienst) spadající pod německé spolkové Ministerstvo dopravy a digitální infrastruktury a také data průtoků z databáze HND (Hochwassernachrichtendienst) Bayern spadající pod bavorské Ministerstvo životního prostředí. V případě rakouských stanic byla data srážek i průtoků použita z databáze eHYD spadající pod rakouské Ministerstvo životního prostředí.

Většina těchto dat byla dostupná jako denní hodnoty, takže pro účely této práce bylo třeba převést je pomocí kontingenční tabulky v programu MS Excel na měsíční a roční úhrny v případě srážek a měsíční a roční průměry a minima v případě průtoků. Zatímco srážková data byla většinou k dispozici za společné období v rámci daného státu (v ČR roky 1961-2011, v Rakousku převážně 1971-2010), data průtoků byla dostupná již od počátku pozorování, ovšem u některých stanic s výpadkem během druhé světové války nebo těsně po ní. V takovém případě byly chybějící hodnoty doplňovány pomocí lineární regrese podle nejbližší stanice bez výpadku ležící na stejném vodním toku, ale pouze v případě, že výpadek nebyl delší než dva roky. Jinak byly pro účely testování absolutní a relativní homogenity většinou použity časové řady od období let 1945-1948 do současnosti. V případě Mann – Kendalova testu byla použita data od počátku pozorování až do současnosti (i včetně výpadků), protože v tomto případě není nutné používat celistvé časové řady.

Obr. 22: Rozmístění srážkoměrných stanic v zájmové oblasti



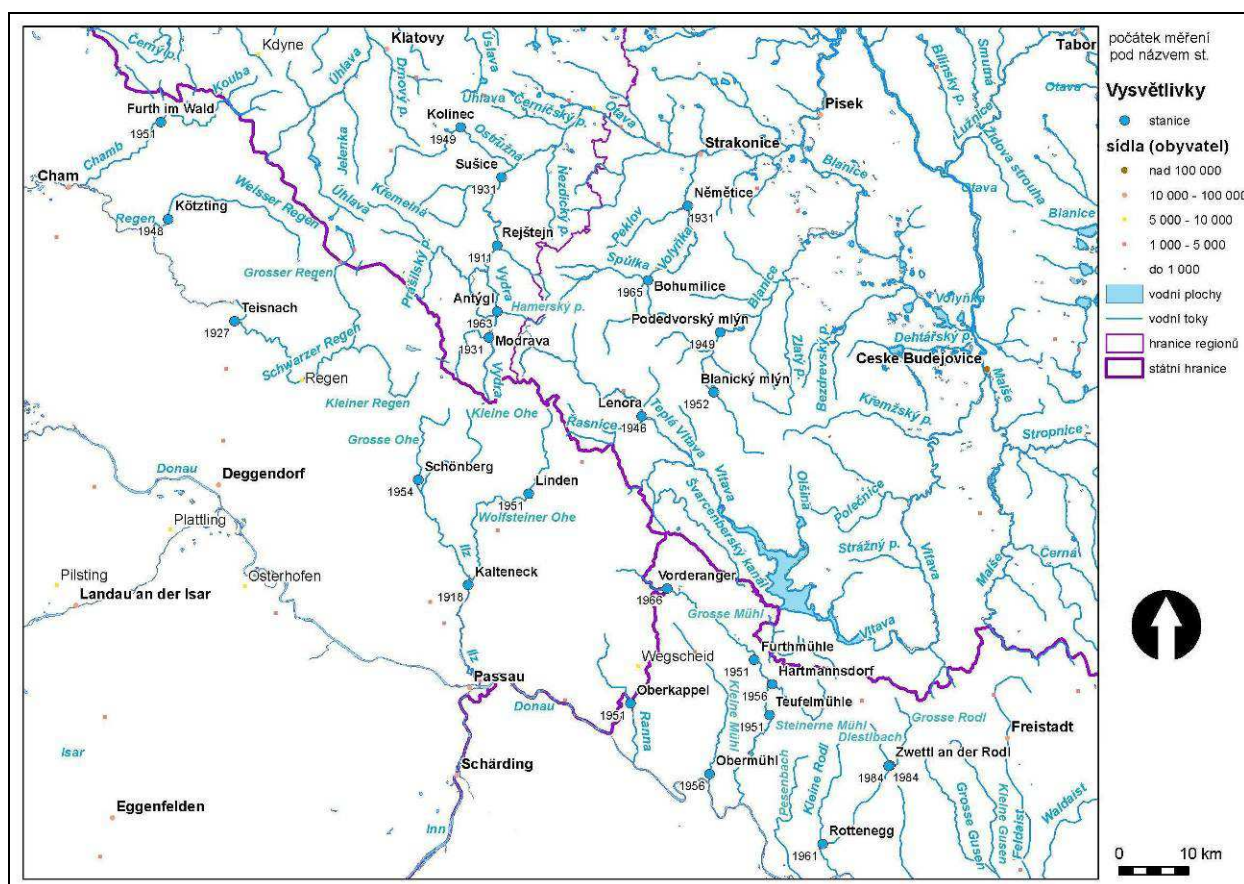
Data: Arc Europe, DIBAVOD

Tab. 14: Základní údaje o srážkoměrných stanicích v zájmové oblasti

ČESKÁ REPUBLIKA			NĚMECKO			RAKOUSKO		
Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek	Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek	Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek
Husinec	536	1961	Brennes	1040	1961	Guglwald	750	1971
Churáňov	1118	1961	Furth im Wald	392	1941	Haslach	510	1971
Kašperské Hory	737	1961	Grainet - Rehberg	628	1957	Langhalsen	449	1971
Klatovy	430	1961	Mauth - Finsterau	1011	1941	Oberkappel	495	1971
Kvilda	1062	1961	Perlesreut	540	1951	Pfarrkirchen	815	1971
Nýrsko	458	1961	Regen	583	1899	Piberstein	899	1971
Prášíly	880	1961	Sankt Oswald	754	1931	Schlägl	555	1971
Stožec	787	1961	Schönberg	547	1931	Schwarzenberg	730	1971
Špičák	947	1961	Viechtach - Bühling	662	1941	St. Peter	687	1971
Vimperk	657	1961	Zwieselwaldhaus	699	1931	Waxenberg	700	1971

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Obr. 23: Rozmístění vodoměrných stanic v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, DIBAVOD

3.3.3 Data krajinného pokryvu

Změny krajinného pokryvu byly zkoumány pomocí dat z databáze CORINE land cover, kterou spravuje Evropská agentura pro životní prostředí – EEA (European Environment Agency). Použity byly vektorové vrstvy (v programu ArcGIS datový formát shapefile) krajinného pokryvu v letech 2000 a 2006 a dále rastrová vrstva pokryvu z roku 1990, která byla následně převedena do vektorové podoby. Dále byly všechny vrstvy oříznuty podle hranic zájmového území a vytvořeny mapy krajinného pokryvu ve všech třech obdobích a také tabulky zachycující změny mezi jednotlivými obdobími v rámci základních i souhrnných kategorií. Ty byly vytvořeny sloučením několika základních kategorií, např. všechny typy lesa do jedné třídy nebo orná půda, zemědělská půda a trvalé kultury do další třídy (viz kap. 3.1.5).

KAPITOLA 4

Výsledky

4.1 Testování srážek

Homogenita byla testována u všech srážkoměrných a vodoměrných stanic v zájmové oblasti vždy pro co nejdelší období bez chybějících dat. Chybějící data nebyla doplňována, aby nezkreslila výsledky testů. V případě srážkoměrných stanic byla vždy testována absolutní homogenita řad ročních srážkových úhrnů a také řad měsíčních úhrnů, aby se projevíly i sezónní rozdíly.

4.1.1 Testy absolutní homogenity srážek

V případě Pettittova testu byla hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$ u ročních i měsíčních srážek. V případě, že vypočtená pravděpodobnost p byla menší než α , byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Hodnota testovací statistiky K označuje pravděpodobný bod změny a je tím větší, čím menší je hodnota p .

V případě ročních srážek (tab. 15) vykazuje nehomogenitu celkem 14 stanic (4 v ČR, 5 v Německu a 5 v Rakousku), přičemž bod změny spadal nejčastěji do 70. let. U rakouských stanic se bod zlomu často pohyboval až kolem roku 2000, ale to může být způsobeno nejkratší délkou časových řad, kdy nemusí být zachyceny dřívější nehomogenity jako v případě českých a německých stanic.

Pokud jde o měsíční srážkové úhrny (viz též tab. 15), byly nejčastější nehomogenity zjištěny v únoru a březnu u většiny rakouských stanic, přičemž bod zlomu spadal nejčastěji do 90. let. V lednu, dubnu a červenci se nejvíce nehomogenit vyskytlo u většiny českých stanic (v červenci u všech českých s výjimkou Vimperku). Nejvíce homogenní se ukazují většinou řady německých stanic, které oproti ostatním vynikly částečně jen v listopadu a prosinci. Celkově nejméně homogenní byly srážkové řady v únoru, březnu a červenci. V červnu, srpnu, září a říjnu oproti tomu nebyla zjištěna nehomogenita u žádné ze stanic.

Tab. 15: Mann – Whitney - Pettitt test pro měsíční a roční srážky

Země	Stanice	Počet let	Období	1	Zlom	2	Zlom	3	Zlom	4	Zlom	5	Zlom	6	Zlom	7	Zlom
Česká republika	Husinec	51	1961-2011	0,011	1976	0,312	1983	0,011	1985	0,117	1981	0,338	1976	0,235	1981	0,052	1972
Česká republika	Churáňov	51	1961-2011	0,062	1976	0,152	1999	0,050	1992	0,083	1981	0,126	1975	0,065	1981	0,038	1974
Česká republika	Kašperské Hory	51	1961-2011	0,176	1976	0,340	1999	0,378	2000	0,017	1981	0,136	1976	0,282	1981	0,057	1972
Česká republika	Klatovy	51	1961-2011	0,440	1988	0,664	1999	0,653	1966	0,303	1981	0,340	1988	0,698	1991	0,078	1972
Česká republika	Kvílda	51	1961-2011	0,032	1975	0,074	1988	0,081	1992	0,473	1986	0,238	1968	0,170	1981	0,023	1974
Česká republika	Nýrsko	51	1961-2011	0,009	1976	0,176	1987	0,126	1985	0,709	1964	0,277	1995	0,126	1991	0,015	1996
Česká republika	Prášíly	51	1961-2011	0,141	1975	0,034	1987	0,136	1992	0,055	1986	0,104	1975	0,228	1981	0,024	1972
Česká republika	Stožec	51	1961-2011	0,164	1974	0,126	1995	0,065	1994	0,473	1973	0,253	1975	0,105	1993	0,055	1974
Česká republika	Špičák	51	1961-2011	0,055	1976	0,131	1995	0,147	1986	0,245	1984	0,188	1995	0,585	1981	0,060	1996
Česká republika	Vimperk	51	1961-2011	0,152	1976	0,349	1999	0,060	1985	0,245	1981	0,349	1995	0,230	1981	0,178	1972
Německo	Brennes	53	1961-2013	0,106	1974	0,193	1988	0,445	1992	0,051	1984	0,137	1975	0,282	1981	0,169	1972
Německo	Furth im Wald	73	1941-2013	0,236	1973	0,643	1970	0,540	1960	0,197	1983	0,445	2003	0,261	1962	0,574	1952
Německo	Grainet-Rehberg	56	1958-2013	0,078	1976	0,125	1987	0,206	1977	0,218	1973	0,237	1975	0,265	1981	0,259	1972
Německo	Mauth-Finsterau	70	1941-2010	0,067	1981	0,097	1997	0,023	1986	0,509	1986	0,503	1975	0,509	1955	0,049	1959
Německo	Perlesreut	63	1951-2013	0,161	1974	0,145	1987	0,381	1986	0,695	1974	0,280	1999	0,571	1970	0,268	1973
Německo	Regen	59	1947-2005	0,310	1974	0,354	1987	0,436	1961	0,157	1973	0,233	1988	0,096	1970	0,497	1959
Německo	Sankt Oswald	46	1947-1992	0,263	1974	0,498	1987	0,716	1971	0,396	1973	0,498	1979	0,580	1988	0,316	1974
Německo	Schönberg	67	1947-2013	0,244	1974	0,434	1999	0,433	2010	0,130	1984	0,477	1988	0,239	1972	0,441	1961
Německo	Viechtach-Bühling	68	1946-2013	0,025	1974	0,053	1999	0,206	1986	0,684	1974	0,166	1999	0,507	2010	0,351	2000
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1948-2013	0,102	1981	0,316	1988	0,331	1986	0,254	1984	0,499	1975	0,297	1955	0,510	1972
Rakousko	Guglwald	40	1971-2010	0,344	1975	0,048	1999	0,015	1992	0,712	1994	0,175	1983	0,234	1981	0,080	1997
Rakousko	Haslach	40	1971-2010	0,423	1974	0,055	1999	0,065	1992	0,614	1994	0,317	2005	0,037	1981	0,280	1997
Rakousko	Langhalsen	40	1971-2010	0,386	1981	0,045	1999	0,081	1986	0,598	1994	0,223	2005	0,135	1981	0,121	1997
Rakousko	Oberkappel	40	1971-2010	0,358	1981	0,021	1999	0,034	1987	0,663	2002	0,500	2006	0,194	1981	0,351	1982
Rakousko	Pfarrkirchen	40	1971-2010	0,208	2000	0,008	1999	0,065	2000	0,453	1994	0,280	2005	0,063	1983	0,085	1997
Rakousko	Piberstein	40	1971-2010	0,365	1976	0,148	1983	0,050	1992	0,719	1999	0,461	2005	0,042	1981	0,446	1997
Rakousko	Schlägl	39	1971-2009	0,344	1976	0,083	1988	0,033	1992	0,499	1994	0,223	1983	0,179	1981	0,450	1997
Rakousko	Schwarzenberg	39	1971-2009	0,482	1974	0,033	1987	0,058	1992	0,337	2000	0,466	2005	0,230	1994	0,253	1982
Rakousko	St. Peter	40	1971-2010	0,379	1976	0,052	1999	0,131	1994	0,743	1994	0,280	2005	0,121	1981	0,358	1997
Rakousko	Waxenberg	40	1971-2010	0,423	1974	0,067	1999	0,052	1987	0,704	1999	0,372	2005	0,067	1981	0,469	1982
Země	Stanice	Počet let	Období	8	Zlom	9	Zlom	10	Zlom	11	Zlom	12	Zlom	Rok	Zlom		
Česká republika	Husinec	51	1961-2011	0,487	1998	0,390	2003	0,161	1992	0,359	1988	0,024	1986	0,218	1974		
Česká republika	Churáňov	51	1961-2011	0,378	1986	0,642	1987	0,303	1992	0,539	1982	0,269	1973	0,468	1995		
Česká republika	Kašperské Hory	51	1961-2011	0,528	2005	0,494	1980	0,451	1992	0,430	1982	0,430	1977	0,408	2000		
Česká republika	Klatovy	51	1961-2011	0,720	2003	0,462	1980	0,269	1992	0,321	1980	0,321	1974	0,474	2000		
Česká republika	Kvílda	51	1961-2011	0,517	2001	0,230	1987	0,359	1973	0,514	1971	0,164	1973	0,013	1994		
Česká republika	Nýrsko	51	1961-2011	0,698	2000	0,483	1984	0,303	1992	0,400	2005	0,116	1974	0,002	1977		
Česká republika	Prášíly	51	1961-2011	0,536	1971	0,303	1989	0,430	1992	0,451	1971	0,440	1978	0,098	1992		
Česká republika	Stožec	51	1961-2011	0,330	1972	0,630	1987	0,340	1973	0,409	1978	0,539	1973	0,237	2005		
Česká republika	Špičák	51	1961-2011	0,369	1982	0,573	1988	0,312	1986	0,462	1969	0,074	1978	0,024	1994		
Česká republika	Vimperk	51	1961-2011	0,312	1986	0,603	1987	0,121	1992	0,653	2003	0,550	1974	0,214	1995		
Německo	Brennes	53	1961-2013	0,327	1970	0,461	1984	0,544	2004	0,695	2003	0,564	1978	0,641	2009		
Německo	Furth im Wald	73	1941-2013	0,193	1953	0,238	1960	0,484	1979	0,423	1962	0,291	1976	0,285	1965		
Německo	Grainet-Rehberg	56	1958-2013	0,149	1972	0,450	1976	0,651	2005	0,244	1969	0,379	1978	0,103	1978		
Německo	Mauth-Finsterau	70	1941-2010	0,274	1971	0,730	1987	0,232	1986	0,115	1969	0,057	1977	0,007	1980		
Německo	Perlesreut	63	1951-2013	0,273	1971	0,478	1978	0,388	1986	0,171	1963	0,374	1977	0,082	1978		
Německo	Regen	59	1947-2005	0,510	1996	0,317	1984	0,354	1986	0,202	1969	0,270	1977	0,310	1974		
Německo	Sankt Oswald	46	1947-1992	0,485	1955	0,485	1977	0,508	1973	0,062	1969	0,667	1989	0,087	1974		
Německo	Schönberg	67	1947-2013	0,400	1970	0,710	1978	0,596	2005	0,244	1963	0,629	1978	0,637	1978		
Německo	Viechtach-Bühling	68	1946-2013	0,616	1954	0,210	1962	0,389	1992	0,033	1971	0,024	1978	0,001	1998		
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1948-2013	0,544	1982	0,190	1984	0,265	1980	0,134	1963	0,077	1977	0,011	1978		
Rakousko	Guglwald	40	1971-2010	0,487	1997	0,292	1987	0,533	1992	0,516	1978	0,305	2006	0,010	1995		
Rakousko	Haslach	40	1971-2010	0,631	1980	0,590	1987	0,671	2005	0,240	1978	0,401	2003	0,080	2000		
Rakousko	Langhalsen	40	1971-2010	0,430	2001	0,256	1987	0,365	1988	0,655	1975	0,415	2003	0,008	1987		
Rakousko	Oberkappel	40	1971-2010	0,773	1980	0,240	1984	0,453	1988	0,581	1982	0,365	1978	0,290	1993		
Rakousko	Pfarrkirchen	40	1971-2010	0,292	2001	0,189	1984	0,274	1996	0,286	1980	0,365	1982	0,005	2000		
Rakousko	Piberstein	40	1971-2010	0,469	1980	0,268	1987	0,485	1980	0,573	2003	0,218	2002	0,005	2000		
Rakousko	Schlägl	39	1971-2009	0,583	1974	0,499	1987	0,583	1996	0,499	1978	0,482	2003	0,068	1995		
Rakousko	Schwarzenberg	39	1971-2009	0,750	1993	0,466	1978	0,600	1988	0,278	1978	0,434	1995	0,593	1974		
Rakousko	St. Peter	40	1971-2010	0,268	1999	0,401	1987	0,533	1996	0,453	1980	0,324	2002	0,047	2000		
Rakousko	Waxenberg	40	1971-2010	0,423	1980	0,372	1987	0,469	1986	0,500	1982	0,305	2003	0,418	2000		

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

4.1.2 Srážkové trendy

Pro účely zjišťování trendu byly u všech stanic na rozdíl od testů homogenity použity vždy celé časové řady, tedy od počátku pozorování do současnosti včetně případných výpadků v měření. Veškeré výpočty byly prováděny v programu MS Excel pomocí makra MULTMK/PARTMK, vyvinutého Andersem Grimwallem a Claudií Libiseller z univerzity v Linköpingu. Za signifikantní byl daný test považován, pokud byla hodnota testovací statistiky (MK-Stat) větší než 2 nebo menší než -2 a zároveň p-hodnota byla menší než 0,1. V této práci byly testovány měsíční a roční srážkové úhrny a také průměrné i minimální měsíční a roční průtoky u českých, německých i rakouských stanic. Významné kladné trendy jsou v tabulkách vyznačeny červeně a klesající trendy modře.

V případě českých srážkoměrných stanic (tab. 16) můžeme vidět částečné nárůsty měsíčních úhrnů na konci zimy (v únoru) a také během léta (v červenci). Pokles měsíčních úhrnů nastává zejména na jaře, ale pouze v případě Kašperských Hor v dubnu je statisticky významný. V případě ročních úhrnů dochází u všech stanic k nárůstu, ale pouze u stanic Kvilda, Nýrsko a Špičák je statisticky významný.

Tab. 16: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za české stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Churáňov (50)		Kašperské Hory (50)		Vimperk (50)		Husinec (50)		Klatovy (50)	
Roky	1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,502	0,616	-0,452	0,651	0,159	0,874	-0,125	0,900	-0,544	0,587
12	0,477	0,633	0,443	0,657	0,084	0,933	1,698	0,089	0,828	0,408
1	1,263	0,207	0,895	0,371	0,887	0,375	2,175	0,030	0,033	0,973
2	1,481	0,139	0,744	0,457	0,719	0,472	0,410	0,682	-0,025	0,980
3	1,489	0,136	0,402	0,688	1,840	0,066	1,798	0,072	-0,351	0,725
4	-1,698	0,089	-2,016	0,044	-0,468	0,639	-1,263	0,207	-1,338	0,181
5	-0,335	0,738	-0,293	0,770	0,477	0,633	0,100	0,920	-0,092	0,927
6	-1,138	0,255	-0,134	0,894	-0,075	0,940	-0,360	0,719	0,259	0,795
7	1,715	0,086	1,481	0,139	1,706	0,088	1,188	0,235	1,715	0,086
8	-0,828	0,408	-0,075	0,940	-0,895	0,371	-0,435	0,664	-0,017	0,987
9	-0,284	0,776	-0,644	0,520	0,151	0,880	-0,259	0,795	-0,719	0,472
10	1,146	0,252	0,853	0,394	1,514	0,130	1,623	0,105	1,330	0,183
Rok	0,544	0,587	0,042	0,967	1,230	0,219	0,987	0,324	0,644	0,520
Stanice	Kvilda (50)		Prácheň (50)		Stožec (50)		Nýrsko (50)		Špičák (50)	
Roky	1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,778	0,437	0,360	0,719	-0,552	0,581	0,443	0,658	0,728	0,467
12	0,527	0,598	0,494	0,622	-0,167	0,867	1,489	0,136	1,330	0,184
1	1,464	0,143	1,389	0,165	0,903	0,366	1,849	0,065	1,539	0,124
2	1,548	0,122	2,058	0,040	1,656	0,098	1,581	0,114	1,297	0,195
3	1,589	0,112	1,389	0,165	1,313	0,189	1,765	0,078	1,464	0,143
4	-0,209	0,834	-1,631	0,103	-0,502	0,616	-0,351	0,725	-1,313	0,189
5	0,560	0,575	-1,021	0,307	-0,309	0,757	1,096	0,273	0,351	0,725
6	-0,770	0,442	-0,661	0,509	-1,196	0,232	1,472	0,141	0,243	0,808
7	1,999	0,046	2,150	0,032	1,732	0,083	2,710	0,007	2,100	0,036
8	-0,109	0,913	0,084	0,933	-0,560	0,575	0,510	0,610	1,012	0,311
9	0,669	0,503	0,485	0,628	-0,092	0,927	0,376	0,707	0,008	0,993
10	1,179	0,238	1,046	0,296	1,163	0,245	1,372	0,170	1,322	0,186
Rok	2,627	0,009	1,790	0,073	0,778	0,437	3,664	0,000	2,735	0,006

Data: ČHMÚ

V případě německých srážkoměrných stanic (tab. 17) můžeme rovněž vidět částečné nárůsty měsíčních úhrnů v průběhu zimy (zejména u stanice Viechtach-Bühling). Pokles měsíčních úhrnů nastává opět zejména na jaře a statisticky významný je v dubnu u stanic Regen, Sankt Oswald a Schönberg. Ve všech třech případech jde o níže položené stanice, zatímco u výše položených stanic se významný trend úbytku jarních srážek neprojevil. V případě ročních úhrnů dochází k nárůstu u většiny stanic, ale pouze u stanic Mauth-Finsterau, Perlesreuth, Viechtach-Bühling a Zwieslerwaldhaus je statisticky významný.

Tab. 17: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za německé stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Brennes (52)		Furth im Wald (70)		Grainet-Rehberg (56)		Mauth-Finsterau (70)		Perlesreuth (62)	
Roky	1962 - 2013		1942 - 1945, 1948 - 2013		1958 - 2013		1942 - 2010, 2013		1952 - 2013	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,284	0,777	0,073	0,942	1,184	0,236	1,274	0,203	0,706	0,480
12	0,095	0,925	1,006	0,314	0,496	0,620	1,138	0,255	0,652	0,514
1	1,465	0,143	0,520	0,603	1,187	0,235	1,087	0,277	0,943	0,346
2	0,997	0,319	-0,277	0,782	1,004	0,316	0,308	0,758	1,002	0,316
3	0,450	0,653	0,097	0,923	1,004	0,316	2,134	0,033	0,765	0,444
4	-1,826	0,068	-1,050	0,294	-1,611	0,107	-0,715	0,475	-0,089	0,929
5	-1,128	0,259	0,467	0,641	-0,255	0,799	0,645	0,519	0,902	0,367
6	-0,679	0,497	0,929	0,353	-0,647	0,518	0,620	0,535	-0,308	0,758
7	1,105	0,269	0,180	0,857	0,978	0,328	-1,492	0,136	0,700	0,484
8	-0,299	0,765	1,074	0,283	-1,611	0,107	-0,316	0,752	-0,694	0,488
9	0,061	0,951	0,734	0,463	-0,191	0,849	0,598	0,550	0,979	0,328
10	0,307	0,759	0,773	0,440	0,805	0,421	0,880	0,379	1,305	0,192
Rok	-0,316	0,752	0,897	0,370	1,074	0,283	2,763	0,006	2,144	0,032
Stanice	Regen (103)		Sankt Oswald (78)		Schönberg (79)		Viechtach-Bühling (70)		Zwieselwaldhaus (78)	
Roky	1900-1944, 1948-2005		1932-45, 1948-90, 1993-2013		1932 - 1944, 1948 - 2013		1942 - 1945, 1947 - 2013		1932 - 1944, 1949 - 2013	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,667	0,505	1,268	0,205	0,926	0,355	2,144	0,032	1,703	0,088
12	0,725	0,469	1,489	0,137	1,395	0,163	3,379	0,001	2,526	0,012
1	-0,653	0,513	0,375	0,708	0,689	0,491	2,246	0,025	1,055	0,291
2	1,166	0,244	0,416	0,677	0,567	0,571	1,181	0,237	1,143	0,253
3	1,941	0,052	1,187	0,235	0,506	0,613	1,298	0,194	1,878	0,060
4	-2,204	0,028	-3,080	0,002	-2,423	0,015	0,024	0,981	-1,321	0,186
5	-1,299	0,194	-0,404	0,686	-0,445	0,657	0,875	0,382	-0,112	0,911
6	-0,119	0,905	0,296	0,767	-1,350	0,177	0,331	0,741	0,461	0,645
7	-0,817	0,414	-0,809	0,419	-0,547	0,585	-0,083	0,934	-0,291	0,771
8	-0,878	0,380	-0,294	0,769	-0,795	0,426	1,006	0,314	0,507	0,612
9	-0,598	0,550	-0,445	0,657	0,118	0,906	1,663	0,096	0,906	0,365
10	-0,507	0,612	-0,983	0,326	-0,795	0,426	0,851	0,395	-0,366	0,715
Rok	0,023	0,982	-0,065	0,948	-0,279	0,780	3,721	0,000	2,636	0,008

Data: DWD

V případě rakouských srážkoměrných stanic (tab. 18) můžeme rovněž vidět významné nárůsty měsíčních úhrnů v průběhu zimy (únor a březen). Pouze u dvou stanic není tento trend statisticky významný. Naopak pokles měsíčních úhrnů na jaře se zde příliš neprojevil. Nastává k němu částečně pouze v červnu (u českých a německých stanic v dubnu), statisticky významný je však pouze v případě stanic Piberstein a Waxenberg. V obou případech jde o výše položené stanice, zatímco u níže položených stanic se významný trend úbytku jarních srážek neprojevil. V případě ročních úhrnů dochází k nárůstu u všech stanic, ale pouze u stanic Guglwald a Langhalsen je statisticky významný.

Tab. 18: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za rakouské stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Guglwald (40)		Haslach (40)		Langhalsen (40)		Oberkappel (40)		Piberstein (40)	
Roky	1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,641	0,522	-1,177	0,239	-0,070	0,944	-0,350	0,727	-0,792	0,428
12	-0,233	0,816	-0,326	0,744	0,023	0,981	0,746	0,456	-0,489	0,625
1	0,885	0,376	0,489	0,625	0,699	0,485	0,769	0,442	0,652	0,514
2	2,470	0,014	2,249	0,025	2,354	0,019	2,494	0,013	2,097	0,036
3	3,134	0,002	2,633	0,008	2,750	0,006	2,517	0,012	2,459	0,014
4	0,385	0,701	0,548	0,584	0,373	0,709	-0,897	0,370	-0,093	0,926
5	1,433	0,152	0,676	0,499	1,340	0,180	0,431	0,666	0,536	0,592
6	-1,118	0,263	-1,794	0,073	-1,165	0,244	-1,410	0,159	-2,424	0,015
7	0,862	0,389	0,489	0,625	1,130	0,258	0,023	0,981	0,408	0,683
8	-0,548	0,584	0,070	0,944	1,119	0,263	0,000	1,000	-0,478	0,633
9	0,827	0,408	0,478	0,633	1,375	0,169	0,839	0,402	1,305	0,192
10	0,606	0,545	0,268	0,789	1,025	0,305	0,652	0,514	0,909	0,363
Rok	2,891	0,004	1,173	0,241	3,738	0,000	1,391	0,164	0,617	0,537
Stanice	Pfarrkirchen (40)		Schlagl (39)		Schwarzenberg (39)		St. Peter (40)		Waxenberg (40)	
Roky	1971 - 2010		1971 - 2009		1971 - 2009		1971 - 2010		1971 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,047	0,963	-0,230	0,818	-1,125	0,261	-0,711	0,477	-0,419	0,675
12	0,012	0,991	-0,423	0,672	-0,520	0,603	-0,478	0,633	-0,408	0,683
1	0,618	0,537	0,883	0,377	0,109	0,913	0,583	0,560	0,559	0,576
2	1,270	0,204	2,686	0,007	2,686	0,007	1,923	0,055	2,272	0,023
3	1,957	0,050	2,891	0,004	2,552	0,011	1,992	0,046	2,668	0,008
4	0,163	0,870	0,931	0,352	-0,327	0,744	0,012	0,991	-0,408	0,683
5	0,944	0,345	1,730	0,084	0,036	0,971	0,652	0,514	0,652	0,514
6	-1,806	0,071	-1,137	0,255	-1,403	0,161	-1,095	0,273	-2,062	0,039
7	0,955	0,339	-0,085	0,933	-0,423	0,672	0,583	0,560	-0,117	0,907
8	0,664	0,507	-0,278	0,781	0,036	0,971	1,305	0,192	-0,070	0,944
9	1,340	0,180	0,641	0,521	0,774	0,439	0,897	0,370	0,722	0,470
10	0,979	0,328	0,617	0,537	0,496	0,620	0,734	0,463	0,862	0,389
Rok	1,778	0,075	1,974	0,048	0,541	0,589	1,754	0,079	1,052	0,293

Data: eHYD

Pro lepší názornost byly jednotlivé trendy pro měsíční a roční srážkové úhrny vyznačeny do mapy srážkoměrných stanic (viz obr. 24). Trendy byly odlišeny barevně, přičemž odstíny modré náležejí poklesům a odstíny červené a fialové nárůstům měsíčních srážek. Oranžová barva pak odpovídá nárůstu ročních srážek. Je zde vidět, že nejčastější nárůsty měsíčních srážek jsou v únoru či březnu, zejména u rakouských stanic. Červencové nárůsty srážek se naopak vyskytují na západě české části Šumavy. Nejčastější poklesy měsíčních srážek se projevují v dubnu, zejména u německých stanic. Nárůst ročních srážkových úhrnů nastává především u výše položených stanic, zejména v případě ČR a Německa.

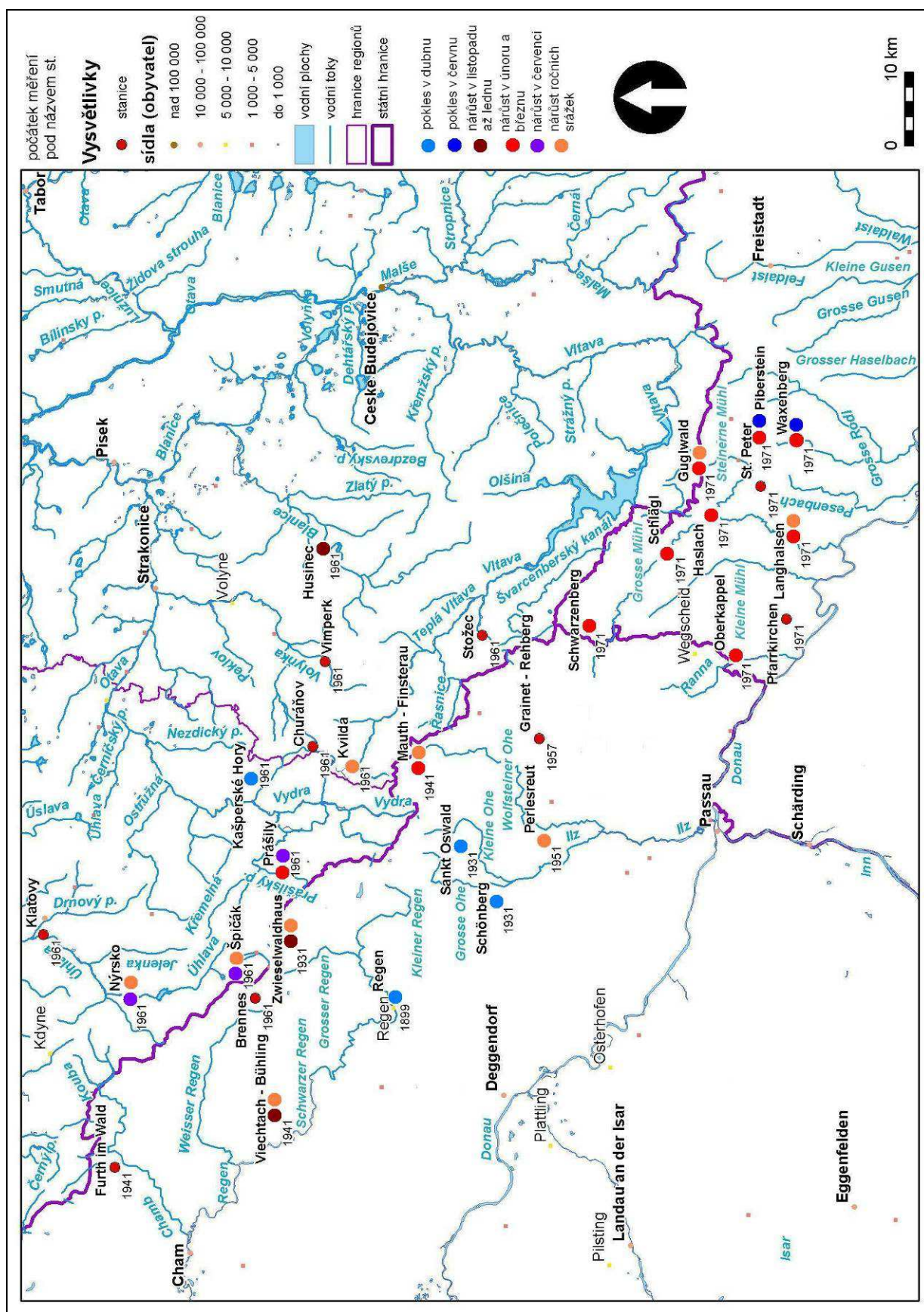
Tab. 19 ukazuje trend měsíčních a ročních srážek pro všechny stanice v období 1972-2010. Zde se ještě výrazněji projevily nárůsty průtoků v únoru a březnu, který je statisticky významný u většiny stanic. Jarní poklesy průtoků se zde téměř neprojevily (pouze u stanic Prášíly a Klatovy). Tyto trendy byly opět vyznačeny do mapy (obr. 25).

Tab. 19: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek v období 1972 - 2010

Stаницe	Churáňov (39)		Kašperské Hory (39)		Vimperk (39)		Husinec (39)		Klatovy (39)		Kvířda (39)		Prášířy (39)		Stořec (39)		Nýřsko (39)		Špičák (39)	
Roky	1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-1,173	0,241	-0,690	0,490	-0,617	0,537	0,109	0,913	-0,206	0,837	-0,423	0,672	-1,028	0,304	-1,149	0,250	-0,351	0,726	-0,181	0,856
12	-0,387	0,699	0,194	0,847	-0,254	0,799	1,053	0,293	0,327	0,744	-0,569	0,570	0,012	0,990	-0,617	0,537	0,508	0,611	0,375	0,708
1	0,278	0,781	0,581	0,561	0,411	0,681	1,210	0,226	-0,133	0,894	0,206	0,837	0,677	0,498	0,460	0,646	0,254	0,799	0,569	0,570
2	2,093	0,036	1,609	0,108	1,609	0,108	0,714	0,475	1,101	0,271	2,420	0,016	2,153	0,031	2,069	0,039	2,432	0,015	2,311	0,021
3	2,214	0,027	1,488	0,137	2,165	0,030	1,657	0,097	1,065	0,287	2,129	0,033	1,633	0,102	2,673	0,008	1,972	0,049	2,710	0,007
4	-1,621	0,105	-1,899	0,058	-1,077	0,282	-1,524	0,127	-0,508	0,611	-0,690	0,490	-2,214	0,027	0,690	0,490	0,121	0,904	-1,101	0,271
5	1,270	0,204	1,125	0,261	1,476	0,140	1,246	0,213	0,859	0,390	1,730	0,084	0,423	0,672	1,246	0,213	2,069	0,039	1,802	0,071
6	-0,085	0,933	0,714	0,475	0,593	0,553	0,423	0,672	0,375	0,708	-0,194	0,847	-0,109	0,913	-0,907	0,364	0,835	0,404	0,907	0,364
7	-0,085	0,933	-0,762	0,446	0,508	0,611	-1,065	0,287	-0,278	0,781	0,181	0,856	-0,351	0,726	-0,375	0,708	1,016	0,310	0,714	0,475
8	0,266	0,790	0,835	0,404	0,423	0,672	-0,109	0,913	0,399	0,690	1,077	0,282	1,294	0,196	0,980	0,327	0,363	0,717	1,488	0,137
9	0,665	0,506	0,206	0,837	1,016	0,310	0,399	0,690	-0,097	0,923	1,802	0,071	1,270	0,204	0,677	0,498	0,847	0,397	0,714	0,475
10	0,133	0,894	-0,085	0,933	0,436	0,663	0,932	0,352	0,339	0,735	-0,181	0,856	-0,133	0,894	0,060	0,952	0,109	0,913	0,436	0,663
Rok	0,907	0,364	0,448	0,654	1,415	0,157	0,423	0,672	0,520	0,603	2,165	0,030	1,016	0,310	1,149	0,250	2,395	0,017	2,577	0,010
Stаницe	Guglwald (39)		Haslach (39)		Langhalsen (39)		Oberkappel (39)		Píberstein (39)		Pfarrkirchen (39)		Schlagl (38)		Schwarzenberg (38)		St. Peter (39)		Waxenberg (39)	
Roky	1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2009		1972 - 2009		1972 - 2010		1972 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,387	0,699	-0,992	0,321	0,085	0,933	-0,157	0,875	-0,641	0,521	0,036	0,971	-0,230	0,818	-1,125	0,261	-0,508	0,611	-0,302	0,762
12	-0,230	0,818	-0,351	0,726	-0,060	0,952	0,593	0,553	-0,472	0,637	-0,315	0,753	-0,423	0,672	-0,520	0,603	-0,472	0,637	-0,581	0,561
1	0,496	0,620	0,085	0,933	0,302	0,762	0,375	0,708	0,254	0,799	0,169	0,866	0,440	0,660	-0,289	0,772	0,157	0,875	0,109	0,913
2	2,311	0,021	2,129	0,033	2,238	0,025	2,529	0,011	2,141	0,032	1,694	0,090	2,565	0,010	2,615	0,009	1,790	0,073	2,153	0,031
3	2,976	0,003	2,468	0,014	2,480	0,013	2,335	0,020	2,178	0,029	2,141	0,032	2,577	0,010	2,326	0,020	1,815	0,070	2,383	0,017
4	0,436	0,663	0,629	0,529	0,448	0,654	-0,629	0,529	-0,157	0,875	0,157	0,875	0,993	0,321	-0,239	0,811	0,121	0,904	-0,339	0,735
5	1,137	0,255	0,496	0,620	0,992	0,321	0,266	0,790	0,230	0,818	0,629	0,529	1,421	0,155	-0,264	0,792	0,278	0,781	0,375	0,708
6	-1,149	0,250	-1,585	0,113	-1,077	0,282	-1,089	0,276	-2,069	0,039	-1,428	0,153	-1,132	0,258	-1,207	0,227	-0,883	0,377	-1,766	0,077
7	0,423	0,672	0,060	0,952	0,726	0,468	-0,351	0,726	-0,024	0,981	0,593	0,553	-0,541	0,589	-0,918	0,359	0,157	0,875	-0,569	0,570
8	-0,339	0,735	0,351	0,726	1,174	0,241	0,278	0,781	-0,194	0,847	0,871	0,384	-0,314	0,753	0,365	0,715	1,464	0,143	0,133	0,894
9	0,823	0,411	0,605	0,545	1,440	0,150	0,738	0,461	1,403	0,161	1,307	0,191	0,566	0,572	0,704	0,481	0,992	0,321	0,810	0,418
10	0,157	0,875	-0,145	0,885	0,641	0,521	0,206	0,837	0,496	0,620	0,569	0,570	0,163	0,870	0,038	0,970	0,387	0,699	0,448	0,654
Rok	2,891	0,004	1,173	0,241	3,738	0,000	1,391	0,164	0,617	0,537	1,778	0,075	1,974	0,048	0,541	0,589	1,754	0,079	1,052	0,293
Stаницe	Brennes (39)		Furth im Wald (39)		Grainet-Rehberg (39)		Mauth-Finsterau (39)		Perlesreuth (39)		Regen (34)		Sankt Oswald (38)		Schönberg (39)		Viechtach-Bühling (39)		Zwieslerwaldhaus (39)	
Roky	1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2005		1972-1990, 1992-2010		1972 - 2010		1972 - 2010		1972 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,556	0,578	-0,992	0,321	-0,060	0,952	0,085	0,933	-1,028	0,304	-0,440	0,660	-0,465	0,642	-0,617	0,537	0,399	0,690	-0,423	0,672
12	-0,181	0,856	-0,278	0,781	-0,206	0,837	-0,133	0,894	-0,012	0,990	0,213	0,831	-0,264	0,792	0,036	0,971	0,883	0,377	-0,073	0,942
1	-0,218	0,828	-0,714	0,475	-0,254	0,799	1,246	0,213	-0,254	0,799	-0,430	0,667	-0,415	0,678	-0,181	0,856	0,278	0,781	0,484	0,628
2	2,020	0,043	1,186	0,236	1,984	0,047	3,000	0,003	2,456	0,014	2,120	0,034	2,049	0,040	2,383	0,017	2,528	0,011	2,407	0,016
3	2,262	0,024	1,077	0,282	1,851	0,064	2,867	0,004	2,299	0,022	0,890	0,374	1,660	0,097	2,093	0,036	2,371	0,018	2,093	0,036
4	-1,028	0,304	-1,016	0,309	-0,157	0,875	-0,133	0,894	0,315	0,753	-0,875	0,382	-0,871	0,384	-0,520	0,603	-0,085	0,933	-0,690	0,490
5	0,375	0,708	0,774	0,439	1,149	0,250	1,730	0,084	1,270	0,204	0,104	0,917	0,363	0,717	0,508	0,611	1,355	0,175	0,738	0,461
6	-0,239	0,811	-0,786	0,432	-0,980	0,272	0,289	0,772	0,194	0,847	-0,504	0,614	-0,327	0,744	-0,194	0,847	-0,218	0,828	0,109	0,913
7	-0,665	0,506	-0,278	0,781	-0,206	0,837	-0,690	0,490	-0,206	0,837	-0,993	0,321	0,085	0,933	0,762	0,446	-0,073	0,942	-0,278	0,781
8	0,919	0,358	0,496	0,620	0,399	0,690	1,222	0,222	0,786	0,432	0,430	0,667	0,163	0,870	-0,230	0,818	1,077	0,282	1,246	0,213
9	0,714	0,475	0,206	0,837	-0,352	0,725	0,702	0,483	1,028	0,304	1,186	0,236	-0,163	0,870	0,605	0,545	0,496	0,620	1,270	0,204
10	-0,254	0,799	-0,060	0,952	-0,145	0,885	0,387	0,699	0,496	0,620	0,534	0,594	-0,943	0,346	-0,496	0,620	0,085	0,933	-0,133	0,894
Rok	0,496	0,620	-0,206	0,837	0,617	0,537	3,617	0,000	2,238	0,025	0,252	0,801	0,314	0,754	0,798	0,425	2,383	0,017	1,609	0,108

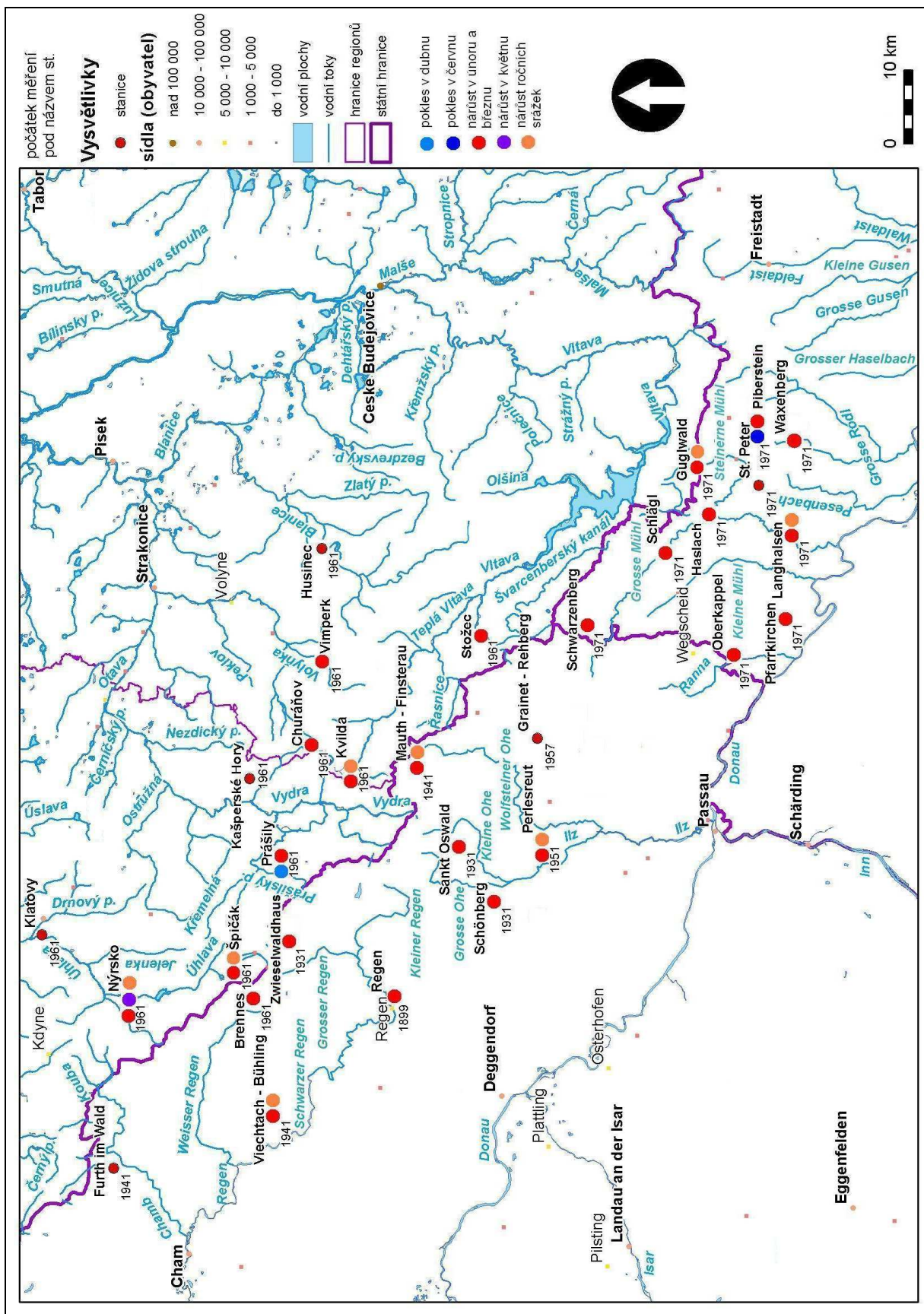
Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Obr. 24: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za jednotlivé stanice



Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Obr. 25: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek v období 1972 - 2010



Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

4.2 Testování průtoků

4.2.1 Testy absolutní homogenity průtoků

Stejně jako v případě srážek byla také u Pettittova testu pro průměrné a minimální roční průtoky hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$. Také zde platí, že pokud vypočtená pravděpodobnost p byla menší než α , byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Hodnota testovací statistiky K označuje pravděpodobný bod změny a je tím větší, čím menší je hodnota p .

V případě průměrných ročních průtoků (tab. 20) vykazují nehomogenitu pouze tři stanice – Rejštejn, Furth im Wald a Schönberg. V obou případech se sice jedná o níže položené stanice, ale opět zde vzhledem k příliš nízkému počtu nelze vyvozovat nějakou významnější závislost homogenity průtoků na nadmořské výšce povodí. Největší míra nehomogenity ze všech měsíců byla zjištěna v lednu a březnu téměř u všech stanic. Nejčastěji byl bodem zlomu rok 1974 (zejména v případě ledna). Často se nehomogenita vyskytla také v květnu, červnu a prosinci (většina stanic). V případě února, července, srpna, října a listopadu vykazala nehomogenitu jen asi čtvrtina stanic. Nejvíce homogenními měsíčními řadami byly dubnové (všechny kromě Blanického mlýna) a zářijové (s výjimkou Lenory a Rejštejna). Z pohledu jednotlivých stanic by se za nejvíce homogenní daly označit průtokové řady u Bohumilic, Modravy a Němčic v ČR, Furth im Wald v Německu a Rottenegg a Vorderanger v Rakousku (viz tab. 20).

Tab. 20: Mann – Whitney - Pettitt test pro průměrné měsíční a roční průtoky

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	1	Zlom	2	Zlom	3	Zlom	4	Zlom	5	Zlom	6	Zlom	7	Zlom
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	0,278	1996	0,668	1984	0,054	1989	0,278	1999	0,024	1989	0,220	1989	0,199	1982
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	0,012	1974	0,270	1974	0,055	1999	0,080	1989	0,007	1988	0,016	1981	0,091	1983
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	0,193	1996	0,401	2006	0,205	1997	0,230	1989	0,123	1991	0,494	2004	0,316	1982
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	0,052	1974	0,404	1974	0,208	1997	0,141	1965	0,014	1988	0,038	1981	0,003	1982
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	0,060	1974	0,610	2005	0,180	1989	0,487	1965	0,073	1989	0,157	1958	0,436	1983
CZ	Vydra	Modrava	63	1949-2011	0,009	1974	0,442	1977	0,076	1989	0,116	1986	0,218	1989	0,130	1989	0,312	1953
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	0,044	1975	0,310	1949	0,105	1977	0,232	1977	0,125	1988	0,386	1989	0,338	1982
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	0,004	1974	0,067	1974	0,047	1977	0,280	1965	0,038	1988	0,055	1981	0,245	1983
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	0,006	1974	0,064	1975	0,006	1987	0,231	1979	0,133	1989	0,160	1989	0,367	1973
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	0,015	1974	0,193	1949	0,020	1987	0,577	1999	0,082	1989	0,089	1989	0,207	1959
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	0,037	1974	0,353	1966	0,126	1978	0,299	1990	0,151	1965	0,106	1965	0,401	1965
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	0,001	1974	0,097	1974	0,019	1987	0,578	1946	0,156	1989	0,306	1945	0,148	1959
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	0,042	1974	0,350	1974	0,028	1987	0,211	1965	0,094	1989	0,347	1989	0,548	1953
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	0,003	1974	0,063	1974	0,018	1988	0,257	1989	0,063	1989	0,092	1989	0,292	1982
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	0,022	1974	0,310	1974	0,021	1987	0,581	1979	0,045	1989	0,726	2006	0,544	1973
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	0,007	1974	0,158	1974	0,026	1986	0,368	1990	0,132	1989	0,365	1989	0,102	1959
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	0,079	1974	0,296	1974	0,046	1988	0,670	1978	0,307	1989	0,023	1989	0,154	1982
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	0,144	1974	0,422	1974	0,032	1999	0,470	1978	0,192	1968	0,003	1976	0,013	1982
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	0,096	1965	0,082	1974	0,138	1974	0,105	1965	0,066	1961	0,172	1965	0,088	1989
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	0,257	1996	0,475	1986	0,036	1999	0,692	1978	0,633	1978	0,456	1989	0,533	1982
A	Grosse Rodl	Rottenegg	50	1961-2010	0,128	1974	0,340	2006	0,040	1999	0,625	1971	0,074	1988	0,002	1976	0,059	1982
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	0,071	1974	0,245	1974	0,086	1999	0,618	1989	0,112	1989	0,049	1981	0,048	1982
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	0,226	1974	0,676	1974	0,023	1988	0,420	1989	0,130	1989	0,015	1989	0,209	1982
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	0,249	1996	0,167	2006	0,042	1999	0,357	1989	0,218	1988	0,218	1997	0,566	1988
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	0,318	1996	0,344	2006	0,048	1999	0,514	1994	0,440	2005	0,372	2004	0,323	2005
Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	8	Zlom	9	Zlom	10	Zlom	11	Zlom	12	Zlom	Rok	Zlom		
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	0,170	1988	0,434	1995	0,209	1982	0,515	1982	0,161	1999	0,330	2002		
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	0,310	1986	0,441	1990	0,514	1983	0,462	1982	0,286	1998	0,255	1983		
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	0,087	1992	0,419	1981	0,243	1982	0,243	1982	0,075	1996	0,171	1981		
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	0,095	1984	0,198	1986	0,213	1964	0,153	1963	0,010	1970	0,149	1965		
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	0,472	1955	0,075	1965	0,204	1954	0,024	1963	0,101	1973	0,239	1974		
CZ	Vydra	Modrava	63	1949-2011	0,411	1954	0,245	1965	0,223	1978	0,041	1963	0,055	1974	0,280	1965		
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	0,449	1974	0,228	1974	0,105	1947	0,319	1946	0,025	1974	0,402	1975		
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	0,489	1986	0,367	1966	0,042	1964	0,381	1970	0,251	1974	0,389	1965		
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	0,316	1974	0,055	1975	0,055	1977	0,007	1974	0,016	1974	0,018	1974		
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	0,571	1988	0,280	1975	0,055	1947	0,239	1942	0,030	1974	0,381	1975		
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	0,133	1977	0,202	1965	0,620	1974	0,308	1964	0,207	1974	0,061	1965		
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	0,142	1946	0,251	1946	0,011	1947	0,069	1945	0,043	1977	0,263	1974		
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	0,408	1954	0,436	1977	0,545	1952	0,661	2003	0,244	1974	0,250	1978		
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	0,139	1981	0,480	1959	0,590	1959	0,638	1970	0,299	1977	0,166	1974		
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	0,288	1962	0,268	1978	0,471	1978	0,135	1970	0,289	1978	0,092	1974		
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	0,470	1946	0,393	1978	0,072	1947	0,213	1948	0,048	1978	0,381	1974		
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	0,067	1983	0,771	2003	0,705	2004	0,557	1970	0,325	2003	0,648	1974		
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	0,038	1981	0,432	1961	0,550	1982	0,529	1982	0,359	2003	0,252	1983		
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	0,138	1990	0,138	1982	0,189	1982	0,569	1982	0,581	1982	0,280	1990		
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	0,141	1990	0,366	1986	0,332	2003	0,633	1982	0,040	1994	0,166	1983		
A	Grosse Rodl	Rottenegg	50	1961-2010	0,233	1981	0,729	2001	0,613	1995	0,583	1982	0,387	2003	0,345	1983		
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	0,059	1981	0,757	1974	0,836	1982	0,369	1970	0,471	2003	0,597	1983		
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	0,093	1988	0,716	1986	0,755	2003	0,635	1982	0,337	1999	0,478	1974		
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	0,398	1992	0,566	1986	0,424	2003	0,398	1999	0,059	1999	0,331	1989		
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	0,669	2005	0,323	2001	0,139	1995	0,537	1989	0,183	1999	0,318	1994		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Pokud se zaměříme na minimální roční průtoky (tab. 21), zjistíme nehomogenitu u 15 z 25 vodoměrných stanic. Pozoruhodné v tomto případě je, že zatímco v případě ČR vykazuje nehomogenitu 9 z 10 stanic, v Rakousku jsou to pouze 3 stanice z 9. Pokud byl bod změny vyhodnocen jako signifikantní, většinou spadal do období od druhé poloviny 60. let do první poloviny 70. let. Ani zde nelze vysledovat žádnou závislost homogenity průtoků na nadmořské výšce povodí.

Největší míra nehomogenity ze všech měsíců byla zjištěna v lednu až dubnu u většiny stanic. Nejčastěji byl bodem zlomu rok 1974 (zejména v případě února) nebo 1975. Méně častá byla nehomogenita u ostatních měsíců, zejména v případě července a srpna se ukázala pouze u pěti stanic. V červenci byly homogenní řady u všech českých stanic a v srpnu zase u všech německých. Z pohledu jednotlivých stanic by se za nejvíce homogenní daly označit průtokové řady u Bohumilic, Antýglu v ČR, Kötzting a Linden v Německu a Furthmühle nebo Obermühl, Hartmannsdorf v Rakousku (viz tab. 21). Dala by se sem zařadit i rakouská stanice Zwettl – Diestlbach, ale výsledky může zkreslovat příliš krátká časová řada.

Tab. 21: Mann – Whitney - Pettitt test pro minimální měsíční a roční průtoky

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	1	Zlom	2	Zlom	3	Zlom	4	Zlom	5	Zlom	6	Zlom	7	Zlom
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	0,137	1984	0,450	1984	0,617	1989	0,080	1999	0,137	1989	0,070	1989	0,388	2004
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	0,001	1975	0,010	1974	0,213	1975	0,018	1989	0,083	1989	0,479	1998	0,436	1981
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	0,064	1984	0,243	1984	0,401	1981	0,081	1998	0,123	1998	0,456	1991	0,437	1981
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	0,004	1974	0,027	1974	0,426	1970	0,069	1970	0,268	1970	0,183	1965	0,133	1965
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	0,040	1965	0,315	1957	0,544	1988	0,180	1999	0,094	1961	0,101	1958	0,231	1965
CZ	Vydra	Modrava	63	1949-2011	0,003	1974	0,381	1966	0,092	1977	0,067	1979	0,100	1989	0,055	1989	0,106	1965
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	0,010	1975	0,132	1979	0,093	1976	0,214	1976	0,026	1975	0,075	1970	0,142	1972
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	0,001	1974	0,001	1974	0,097	1975	0,161	1989	0,280	1989	0,130	1961	0,419	1981
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	0,001	1975	0,016	1975	0,011	1977	0,019	1979	0,253	1965	0,107	1965	0,104	1973
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	0,006	1975	0,168	1975	0,075	1975	0,033	1979	0,174	1989	0,251	1989	0,460	1945
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	0,003	1975	0,004	1974	0,004	1975	0,019	1965	0,004	1978	0,018	1965	0,091	1978
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	0,001	1975	0,001	1974	0,037	1974	0,077	1965	0,158	1965	0,273	1965	0,302	1936
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	0,102	1978	0,076	1974	0,021	1975	0,020	1978	0,130	1965	0,320	1953	0,438	1953
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	0,077	1979	0,013	1974	0,130	1974	0,551	1976	0,063	1989	0,092	1989	0,136	1989
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	0,010	1979	0,102	1980	0,079	1989	0,147	1979	0,219	1989	0,363	1974	0,023	1974
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	0,001	1975	0,001	1974	0,004	1974	0,109	1979	0,145	1965	0,192	1965	0,407	1945
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	0,310	1975	0,213	1974	0,225	1989	0,296	1978	0,196	1989	0,055	1990	0,249	1990
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	0,149	1975	0,117	1974	0,175	1974	0,422	1977	0,529	1968	0,377	1968	0,164	1981
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	0,096	1965	0,082	1974	0,138	1974	0,105	1965	0,066	1961	0,172	1965	0,088	1989
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	0,437	1995	0,513	1985	0,475	1984	0,553	1979	0,593	1978	0,285	1992	0,316	1992
A	Grosse Rodl	Rotteneegg	50	1961-2010	0,237	1986	0,245	1994	0,042	1977	0,496	1989	0,066	1989	0,052	1976	0,065	1982
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	0,224	1975	0,060	1974	0,094	1989	0,358	1965	0,181	1961	0,181	1961	0,471	1981
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	0,264	1975	0,259	1974	0,168	1989	0,565	1989	0,208	1989	0,081	1989	0,095	1989
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	0,306	1995	0,714	2009	0,638	2004	0,283	1989	0,257	1988	0,139	1998	0,278	1992
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	0,684	1987	0,191	1994	0,074	1994	0,271	1994	0,142	1994	0,218	2005	0,183	2005
Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	8	Zlom	9	Zlom	10	Zlom	11	Zlom	12	Zlom	Rok	Zlom		
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	0,179	1983	0,278	1981	0,161	1981	0,242	1982	0,230	1982	0,054	1991		
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	0,339	1974	0,176	1972	0,038	1971	0,066	1974	0,152	1971	0,055	1974		
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	0,100	1990	0,301	1981	0,301	1981	0,257	1982	0,093	1982	0,132	1991		
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	0,079	1976	0,028	1965	0,020	1965	0,007	1964	0,006	1974	0,008	1965		
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	0,239	1974	0,097	1955	0,169	1966	0,001	1964	0,017	1964	0,019	1965		
CZ	Vydra	Modrava	63	1949-2011	0,203	1954	0,086	1965	0,149	1965	0,005	1964	0,001	1964	0,004	1965		
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	0,016	1972	0,014	1974	0,006	1974	0,077	1976	0,022	1977	0,002	1974		
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	0,280	1966	0,170	1965	0,012	1966	0,024	1970	0,008	1970	0,012	1965		
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	0,039	1975	0,009	1975	0,025	1977	0,001	1974	0,001	1974	0,001	1974		
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	0,243	1974	0,113	1975	0,217	1974	0,054	1942	0,026	1974	0,037	1974		
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	0,151	1977	0,101	1965	0,255	1974	0,197	1974	0,095	1964	0,210	1978		
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	0,597	1946	0,373	1932	0,373	1942	0,031	1943	0,038	1973	0,002	1965		
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	0,387	1953	0,296	1954	0,290	1954	0,600	1952	0,213	1952	0,168	1953		
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	0,117	1961	0,229	1981	0,226	1982	0,679	1959	0,493	1973	0,305	1974		
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	0,388	1996	0,024	1991	0,013	1989	0,008	1990	0,030	1987	0,001	1987		
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	0,451	2009	0,107	1977	0,081	1978	0,045	1947	0,001	1979	0,001	1978		
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	0,081	1990	0,213	1982	0,706	1968	0,634	1992	0,524	1970	0,039	1969		
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	0,105	1981	0,242	1981	0,422	1961	0,470	1992	0,672	1973	0,259	2005		
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	0,138	1990	0,138	1982	0,189	1982	0,569	1982	0,581	1982	0,147	1982		
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	0,383	1988	0,181	1990	0,150	1991	0,513	2003	0,401	1982	0,270	1991		
A	Grosse Rodl	Rotteneegg	50	1961-2010	0,463	1965	0,542	1981	0,430	1995	0,403	1992	0,278	1988	0,205	2005		
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	0,167	1981	0,599	1974	0,753	1995	0,339	1992	0,245	1970	0,039	1974		
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	0,067	1990	0,187	1990	0,516	1986	0,651	1995	0,488	1970	0,102	1990		
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	0,237	2005	0,625	1986	0,566	1991	0,595	2003	0,740	2003	0,357	2005		
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	0,237	2005	0,257	2001	0,059	2001	0,167	1995	0,452	1987	0,048	2005		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

4.2.2 Testy relativní homogenity průtoků

Stejně jako v případě Pettittova testu pro průměrné a minimální roční průtoky byla i v případě Alexanderssonova testu hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$. Zde platí, že pokud vypočtená hodnota testovacího kritéria T (v tabulkách jako TestStat) byla větší než tabelovaná kritická hodnota pro $\alpha = 0,1$ a daný počet prvků v časové řadě, byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Čím je počet prvků v řadě větší, tím vyšší je také kritická hodnota pro T . Kritická hodnota T pro uznání signifikance se v tomto případě pohybovala okolo hodnoty 5. Čím je hodnota změny vyšší, tím více se počínaje bodem změny testovaná řada liší od té vzorové. Když je změna kladná (v tabulkách vyznačené červeně), má testovaná řada oproti té vzorové stoupající tendenci. Pokud je změna záporná (v tabulkách vyznačené modře), má testovaná řada oproti té vzorové naopak klesající tendenci.

Jako vzorová byla vybrána stanice Modrava z důvodů vysoké absolutní homogenity ročních průtoků jak na základě Pettittova testu (viz tab. 20), tak na základě metody podvojných součtových čar (Fiala, 2012). Navíc se jedná o vysoko položené povodí s minimem projevů lidské činnosti v oblasti regulace průtoků v české části Šumavy.

V případě Alexanderssonova testu pro průměrné roční průtoky podle stanice Modrava (tab. 22) vykazuje nehomogenitu celkem 8 stanic, z toho pět má kladnou a tři zápornou změnu. Zatímco u německých stanic se jednalo vždy o kladnou změnu, v případě rakouských stanic to byla vždy změna záporná. Ve všech případech se jedná o níže položená povodí a bod změny se nacházel nejčastěji v polovině 70. let.

V případě minimálních ročních průtoků (tab. 23) byla nehomogenita zjištěna celkem u 13 stanic, přičemž v pěti případech se jednalo o kladnou změnu a v osmi případech o změnu zápornou. Zde stojí za pozornost, že zatímco kladné změny byly zjištěny u stanic uzavírajících velká povodí (Otava po Sušici či Reštejn, Ilz po Kalteneck či Grosse Mühl po Teufelmühle), záporné změny se naopak týkají především malých povodí v pramenných oblastech příslušných vodních toků. Bod změny se v případě kladných změn nacházel převážně v polovině 70. let, zatímco v případě záporných změn to bylo již v polovině 60. let.

Tab. 22: Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Modrava)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	Rok změny	TestStat	Změna
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	1978	2,732	-0,468
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	1965	3,650	-0,431
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	1980	2,145	-0,489
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	1980	7,474	-0,703
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	1987	3,336	-0,310
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	1975	2,127	0,392
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	1980	4,240	-0,589
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	1975	17,738	1,387
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	1975	8,978	1,237
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	2004	6,987	-0,687
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	1965	12,290	3,054
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	1951	12,188	1,340
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	1960	3,467	0,394
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	1959	3,731	0,562
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	1974	9,899	2,069
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	1957	1,976	0,624
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	1965	10,489	-0,667
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	1987	5,153	-0,508
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	1987	4,380	-0,371
A	Grosse Rodl	Rottenegg	50	1961-2010	1978	8,189	-0,600
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	1981	3,124	-0,941
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	1970	3,517	0,635
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	1986	5,495	-1,480
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	1986	3,085	-0,975

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 23: Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Modrava)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Období	Rok změny	TestStat	Změna
CZ	Hamerský potok	Antýgl	39	1973-2011	1996	5,107	0,267
CZ	Blanice	Blanický mlýn	59	1953-2011	1965	8,483	-0,464
CZ	Spůlka	Bohumilice	35	1977-2011	1996	5,435	0,284
CZ	Ostružná	Kolinec	63	1949-2011	1980	10,283	-0,448
CZ	Teplá Vltava	Lenora	66	1946-2011	1979	7,838	-0,306
CZ	Volyňka	Němětice	81	1931-2011	1965	4,357	-0,244
CZ	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1949-2011	1965	6,936	-0,325
CZ	Otava	Rejštejn	64	1948-2011	1974	12,880	0,987
CZ	Otava	Sušice	81	1931-2011	1974	12,767	1,198
D	Chamb	Furth im Wald	62	1951-2012	1965	6,245	-0,365
D	Ilz	Kalteneck	91	1922-2012	1961	8,071	0,864
D	Weisser Regen	Kötzting	65	1948-2012	1965	14,984	-0,677
D	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1951-2012	1965	9,940	-0,510
D	Grosse Ohe	Schönberg	58	1955-2012	1996	6,378	0,415
D	Grosse Regen	Teisnach	82	1931-2012	1985	24,302	1,371
A	Grosse Mühl	Furthmühle	60	1951-2010	1981	1,635	-0,259
A	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	55	1956-2010	1965	11,517	-0,700
A	Ranna	Oberkappel	48	1951-1998	1965	9,556	-0,421
A	Kleine Mühl	Obermühl	35	1976-2010	2010	5,757	0,942
A	Grosse Rodl	Rottenegg	50	1961-2010	1965	8,981	-0,923
A	Grosse Mühl	Teufelmühle	60	1951-2010	2010	8,582	1,807
A	Grosse Mühl	Vorderanger	45	1966-2010	1983	3,878	-0,105
A	Diestlbach	Zwettl	27	1984-2010	1996	3,492	0,276
A	Grosse Rodl	Zwettl	27	1984-2010	1996	4,896	0,338

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

4.2.3 Odtokové trendy

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u českých vodoměrných stanic (tab. 24) můžeme podobně jako u srážkových trendů vidět významné nárůsty měsíčních průtoků na přelomu zimy a jara (březen a duben). Tento trend je statisticky významný zejména v březnu (stanice Antýgl, Rejštejn, Bohumilice a Podedvorský mlýn). Pokles měsíčních průtoků nastává na přelomu jara a léta, nejčastěji v červnu. Tento trend je však statisticky významný pouze v případě stanice Blanický mlýn (květen a červen). U všech povodí dochází k nárůstu průměrných ročních průtoků, ale jen u stanice Antýgl je statisticky významný.

Tab. 24: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Lenora (66)		Modrava (73)		Antýgl (49)		Rejštejn (81)		Sušice (81)	
Roky	1946 - 2011		1931-1940,1949-2011		1963 - 2011		1911-20,1931-37,1948-2011		1931 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,738	0,082	0,962	0,336	1,034	0,301	1,003	0,316	0,424	0,671
12	0,686	0,493	0,962	0,336	0,569	0,569	0,387	0,698	1,232	0,218
1	0,941	0,347	1,000	0,317	1,422	0,155	0,595	0,552	1,109	0,267
2	-0,260	0,795	-0,319	0,750	1,327	0,184	0,408	0,683	-0,147	0,883
3	0,172	0,864	1,353	0,176	2,862	0,004	2,072	0,038	1,648	0,099
4	0,504	0,615	1,724	0,085	2,258	0,024	1,990	0,047	0,294	0,769
5	-0,360	0,719	-0,791	0,429	-0,034	0,972	-0,131	0,896	-0,979	0,328
6	0,017	0,987	-1,543	0,123	-0,552	0,581	0,061	0,951	-1,224	0,221
7	0,072	0,943	-0,305	0,761	0,828	0,408	-0,122	0,903	-0,873	0,383
8	0,227	0,821	-0,457	0,648	0,828	0,408	0,310	0,757	-0,449	0,654
9	1,633	0,103	0,190	0,849	1,914	0,056	0,718	0,473	0,522	0,602
10	1,384	0,166	0,276	0,782	1,983	0,047	0,294	0,769	-0,359	0,720
Rok	0,747	0,455	0,362	0,717	2,276	0,023	1,550	0,121	0,237	0,813
Stanice	Kolínec (63)		Bohumilice (47)		Němětice (81)		Blanický m. (59)		Podedvor.m. (63)	
Roky	1949 - 2011		1965 - 2011		1931 - 2011		1953 - 2011		1949 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,676	0,499	0,688	0,492	-0,082	0,935	0,170	0,865	0,682	0,495
12	1,673	0,094	-0,431	0,666	1,472	0,141	-0,445	0,657	0,326	0,744
1	0,990	0,322	-0,449	0,653	0,897	0,370	1,550	0,121	2,058	0,040
2	0,480	0,631	0,504	0,614	-0,179	0,858	1,040	0,298	1,643	0,100
3	0,979	0,328	2,283	0,022	1,232	0,218	1,981	0,048	2,153	0,031
4	0,925	0,355	-0,963	0,336	0,979	0,328	-0,700	0,484	0,492	0,623
5	-1,465	0,143	-1,678	0,093	-0,897	0,370	-2,322	0,020	-1,631	0,103
6	-0,919	0,358	-1,165	0,244	-0,400	0,689	-2,086	0,037	-1,168	0,243
7	-1,477	0,140	-0,138	0,891	-0,738	0,460	-1,079	0,281	-0,326	0,744
8	-0,492	0,623	-0,779	0,436	0,449	0,654	-0,373	0,709	0,024	0,981
9	-0,267	0,790	-1,110	0,267	0,526	0,599	-0,386	0,700	-0,012	0,991
10	0,469	0,639	0,303	0,762	-0,530	0,596	0,163	0,870	1,560	0,119
Rok	0,682	0,495	0,174	0,862	0,147	0,883	-0,451	0,652	0,362	0,718

Data: ČHMÚ

Když se zaměříme na minimální měsíční a roční průtoky u českých stanic (tab. 25), můžeme rovněž vidět významné nárůsty minimálních měsíčních průtoků zejména na přelomu podzimu a zimy (listopad a prosinec) a také na konci zimy v případě povodí Blanice (stanice Blanický mlýn a Podedvorský mlýn). Pokles minimálních měsíčních průtoků je patrný pouze na jaře (zejména v dubnu) a navíc jen u některých stanic (Bohumilice a Blanický mlýn). U jiných stanic naopak nastává ve stejném období nárůst (Antýgl a Němětice). Pokud jde o minimální roční průtoky, nastává u všech stanic nárůst, přičemž statisticky významný je u šesti stanic z deseti.

Tab. 25: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendalova testu

Stanice	Lenora (66)		Modrava (73)		Antýgl (49)		Rejstejn (81)		Sušice (81)	
Roky	1946 - 2011		1931-1940,1949-2011		1963 - 2011		1911-20,1931-37,1948-2011		1931 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	2,685	0,007	0,886	0,376	2,220	0,026	1,314	0,189	0,436	0,663
12	1,662	0,097	0,977	0,329	1,863	0,062	0,763	0,446	0,751	0,453
1	0,792	0,429	1,120	0,263	0,780	0,435	0,963	0,336	1,326	0,185
2	0,736	0,462	0,205	0,838	1,541	0,123	1,387	0,165	0,228	0,819
3	0,476	0,634	0,662	0,508	0,762	0,446	0,914	0,361	0,922	0,357
4	1,627	0,104	1,796	0,073	2,825	0,005	1,987	0,047	1,852	0,064
5	0,620	0,535	-1,210	0,226	0,450	0,653	0,314	0,753	-0,567	0,571
6	1,146	0,252	-1,096	0,273	0,596	0,551	1,167	0,243	-0,200	0,842
7	1,129	0,259	-0,229	0,819	0,899	0,369	0,534	0,593	-0,188	0,851
8	1,124	0,261	-0,029	0,977	1,312	0,190	0,828	0,408	0,489	0,624
9	1,511	0,131	-0,019	0,985	1,560	0,119	0,649	0,517	0,445	0,656
10	1,545	0,122	0,272	0,786	1,230	0,219	0,314	0,753	0,400	0,689
Rok	2,059	0,039	2,482	0,013	0,789	0,430	1,477	0,140	1,097	0,273
Stanice	Kolinec (63)		Bohumilice (47)		Němětice (81)		Blanický m. (59)		Podedvor.m. (63)	
Roky	1949 - 2011		1965 - 2011		1931 - 2011		1953 - 2011		1949 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	2,184	0,029	1,243	0,214	0,559	0,576	1,093	0,274	1,685	0,092
12	2,095	0,036	-0,088	0,930	1,574	0,115	0,766	0,444	1,495	0,135
1	1,732	0,083	-0,108	0,914	1,477	0,140	2,257	0,024	2,469	0,014
2	1,573	0,116	-0,108	0,914	0,787	0,431	1,721	0,085	3,074	0,002
3	0,878	0,380	1,233	0,218	0,795	0,426	0,935	0,350	1,827	0,068
4	1,465	0,143	-2,084	0,037	0,685	0,493	-2,165	0,030	-0,326	0,744
5	0,202	0,840	-1,252	0,210	2,154	0,031	-1,525	0,127	-0,071	0,943
6	0,635	0,526	-0,108	0,914	1,362	0,173	-0,399	0,690	0,249	0,803
7	0,617	0,537	-0,020	0,984	0,869	0,385	-0,811	0,417	-0,196	0,845
8	0,760	0,447	-0,039	0,969	1,888	0,059	-0,111	0,911	0,392	0,695
9	0,564	0,573	-0,127	0,899	1,636	0,102	0,327	0,744	0,481	0,631
10	1,436	0,151	-0,147	0,883	1,277	0,202	0,491	0,624	0,961	0,337
Rok	2,807	0,005	0,460	0,646	3,945	0,000	3,213	0,001	3,216	0,001

Data: ČHMÚ

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u německých vodoměrných stanic (tab. 26) můžeme rovněž vidět významné nárůsty měsíčních průtoků na přelomu zimy a jara (zejména březen) a částečně též v lednu. Tento trend je statisticky významný zejména v březnu (všechny stanice kromě Furth im Wald). Významný pokles měsíčních průtoků nebyl zjištěn u žádné ze stanic. Všechny stanice sice vykazují mírný nárůst průměrných ročních průtoků, ale bez statistické významnosti.

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků (tab. 27) dochází k výraznému nárůstu zejména v průběhu zimy (stanice Furth im Wald, Kalteneck, Schönberg a Teisnach) a částečně i na začátku jara (Furth im Wald a Kötzing), u stanice Schönberg navíc i v létě a na podzim. U žádné ze stanic nebyl zjištěn záporný trend. Všechny stanice vykazují nárůst minimálních ročních průtoků a u třech z nich je signifikantní.

Tab. 26: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furth im Wald (62)		Kalteneck (92)		Kötzing (65)		Linden (62)		Schönberg (58)		Teisnach (82)	
Roky	1951 - 2012		1919, 1922 - 2012		1948 - 2012		1951 - 2012		1955 - 2012		1931 - 2012	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,638	0,524	-0,488	0,626	0,515	0,606	0,237	0,813	1,952	0,051	-0,088	0,930
12	0,589	0,556	1,673	0,094	0,821	0,412	0,650	0,516	0,409	0,682	1,702	0,089
1	1,634	0,102	2,628	0,009	1,591	0,112	2,321	0,020	1,986	0,047	1,890	0,059
2	0,589	0,556	1,332	0,183	0,832	0,405	1,835	0,067	1,268	0,205	1,129	0,259
3	1,330	0,183	2,250	0,024	2,565	0,010	2,278	0,023	2,415	0,016	2,219	0,027
4	-0,091	0,927	-0,280	0,780	1,195	0,232	0,012	0,990	0,523	0,601	-0,387	0,698
5	0,443	0,657	-1,366	0,172	0,085	0,932	-0,607	0,544	-1,006	0,314	-0,657	0,511
6	0,790	0,430	-0,681	0,496	0,034	0,973	-1,185	0,236	-0,141	0,888	-0,801	0,423
7	0,401	0,688	-1,113	0,266	-0,045	0,964	-0,832	0,405	0,429	0,668	-1,313	0,189
8	0,936	0,350	-1,606	0,108	0,040	0,968	-1,543	0,123	-0,980	0,327	-0,441	0,660
9	0,523	0,601	-0,290	0,772	0,702	0,483	-0,607	0,544	1,033	0,302	0,701	0,483
10	0,115	0,908	-1,595	0,111	0,221	0,825	-0,747	0,455	1,131	0,258	-0,288	0,773
Rok	0,735	0,462	0,317	0,751	0,770	0,441	1,148	0,251	1,737	0,082	0,290	0,772

Data: HND Bayern

Tab. 27: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furth im Wald (62)		Kalteneck (92)		Kötzing (65)		Linden (62)		Schönberg (58)		Teisnach (82)	
Roky	1951 - 2012		1919, 1922 - 2012		1948 - 2012		1951 - 2012		1955 - 2012		1931 - 2012	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,510	0,610	-0,641	0,522	-0,130	0,896	-0,383	0,702	2,891	0,004	-0,044	0,965
12	0,778	0,437	1,563	0,118	0,951	0,341	0,340	0,734	2,154	0,031	2,107	0,035
1	2,047	0,041	2,786	0,005	1,359	0,174	1,458	0,145	2,409	0,016	3,168	0,002
2	1,980	0,048	2,874	0,004	1,625	0,104	1,713	0,087	1,657	0,098	3,240	0,001
3	2,242	0,025	1,626	0,104	2,729	0,006	1,148	0,251	1,228	0,220	2,139	0,032
4	1,148	0,251	0,894	0,371	2,390	0,017	0,364	0,715	1,281	0,200	1,163	0,245
5	1,470	0,141	0,115	0,909	1,104	0,269	-0,905	0,365	-0,087	0,930	0,745	0,456
6	0,510	0,610	0,226	0,821	0,023	0,982	-0,924	0,356	1,214	0,225	0,300	0,764
7	0,766	0,444	0,698	0,485	0,193	0,847	-1,166	0,243	2,429	0,015	-0,445	0,657
8	0,377	0,706	-0,310	0,756	-0,476	0,634	-1,743	0,081	1,000	0,318	-0,120	0,904
9	0,699	0,485	0,273	0,785	0,017	0,986	-1,707	0,088	2,509	0,012	1,178	0,239
10	0,055	0,956	-0,067	0,946	0,028	0,977	-1,719	0,086	2,551	0,011	1,210	0,226
Rok min.	0,717	0,473	2,540	0,011	0,697	0,486	0,128	0,898	4,287	0,000	2,783	0,005

Data: HND Bayern

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u rakouských vodoměrných stanic (tab. 28) se trend nárůstu měsíčních průtoků na jaře projevuje jen částečně. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán v březnu, zejména u stanic Vorderanger a Zwettl – Diestlbach, kde je také signifikantní. Významný pokles měsíčních průtoků se projevuje nejvíce na počátku léta, zejména v červnu. Tento trend se u německých stanic vůbec neprojevil a v případě českých stanic jen částečně. Navíc byl zaznamenán částečný pokles průměrných průtoků i v prosinci (stanice Obermühl a Zwettl – Diestlbach). U žádné ze stanic nebyl zjištěn významný trend nárůstu ani poklesu průměrných ročních průtoků.

Tab. 28: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furthmühle (59)		Hartmannsdorf (55)		Oberkappel (59)		Obermühl (35)		Rottenegg (50)	
Roky	1951 - 2009		1956 - 2010		1951-1998, 2000-2010		1976 - 2010		1961 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,804	0,421	-0,269	0,788	0,360	0,719	-0,298	0,766	0,017	0,987
12	0,007	0,995	-0,559	0,576	-0,085	0,932	-2,173	0,030	-0,008	0,993
1	1,184	0,237	0,624	0,532	1,001	0,317	-1,207	0,227	0,778	0,437
2	1,314	0,189	0,211	0,833	0,778	0,436	-1,094	0,274	-0,443	0,658
3	1,654	0,098	1,866	0,062	1,628	0,103	1,662	0,097	1,966	0,049
4	0,791	0,429	0,828	0,408	0,556	0,578	0,298	0,766	-0,125	0,900
5	-0,242	0,809	-1,299	0,194	0,216	0,829	0,185	0,854	-2,100	0,036
6	-2,204	0,028	-3,158	0,002	-0,994	0,320	-0,298	0,766	-3,555	0,000
7	-1,210	0,226	-2,054	0,040	-1,831	0,067	-0,185	0,854	-1,280	0,201
8	-1,641	0,101	-1,619	0,105	-1,524	0,128	-1,150	0,250	-0,309	0,757
9	0,033	0,974	-0,646	0,518	0,020	0,984	-0,809	0,418	0,360	0,719
10	0,674	0,501	-0,414	0,679	-0,347	0,729	-0,895	0,371	0,443	0,658
Rok	0,557	0,578	-0,768	0,442	-0,220	0,826	-0,637	0,524	-0,845	0,398

Stanice	Teufelmühle (60)		Vorderanger (44)		Zwettl - D (27)		Zwettl - GR (27)			
Roky	1951 - 2010		1966 - 2009		1984 - 2010		1984 - 2010			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	0,727	0,467	-0,121	0,903	-1,021	0,307	0,980	0,327		
12	-0,395	0,693	-0,364	0,716	-2,731	0,006	-1,438	0,150		
1	1,046	0,296	0,668	0,504	-1,521	0,128	-1,212	0,225		
2	0,842	0,400	0,546	0,585	-0,595	0,552	-0,198	0,843		
3	1,225	0,221	2,569	0,010	2,094	0,036	1,080	0,280		
4	0,612	0,540	-0,061	0,952	0,551	0,582	0,419	0,675		
5	-0,485	0,628	-1,072	0,284	-0,980	0,327	-0,022	0,982		
6	-1,709	0,087	-2,974	0,003	-1,313	0,189	0,438	0,662		
7	-1,429	0,153	-1,133	0,257	-0,417	0,677	0,479	0,632		
8	-1,225	0,221	-2,023	0,043	-0,146	0,884	0,813	0,416		
9	0,115	0,909	-0,485	0,627	-0,521	0,602	0,646	0,518		
10	0,179	0,858	-0,182	0,856	-0,521	0,602	1,438	0,150		
Rok	-0,072	0,943	0,324	0,746	-0,154	0,877	0,639	0,523		

Data: eHYD

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků u rakouských vodoměrných stanic (tab. 29) se trend nárůstu měsíčních průtoků na jaře projevuje jen v případě stanice Zwettl – Grosse Rodl, kde navíc dochází k nárůstu i v říjnu. Tato stanice je rovněž jedinou z rakouských, u níž se projevil signifikantní trend růstu minimálních ročních průtoků. Odlišný trend oproti ostatním stanicím zde může být zapříčiněn nejkratší časovou řadou (pouze 27 let). Významný pokles minimálních měsíčních průtoků se projevuje u většiny stanic, nejvíce v průběhu léta. Pozoruhodný je pokles minimálních měsíčních průtoků na stanici Obermühl ve všech měsících, který je signifikantní u deseti z nich. Také zde však může být příčinou odlišnosti od ostatních stanic relativně krátká doba pozorování (35 let).

Tab. 29: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendalova testu

Stanice	Furthmühle (59)		Hartmannsdorf (55)		Oberkappel (59)		Obermühl (35)		Rottenegg (50)	
Roky	1951 - 2009		1956 - 2010		1951-1998, 2000-2010		1976 - 2010		1961 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,255	0,799	-1,539	0,124	-1,112	0,266	-1,393	0,164	0,201	0,841
12	-0,890	0,374	-0,709	0,478	-0,738	0,460	-2,254	0,024	-0,103	0,918
1	-1,105	0,269	-0,494	0,621	0,451	0,652	-3,536	0,000	-0,109	0,913
2	0,007	0,995	0,232	0,816	0,491	0,624	-3,466	0,001	0,301	0,763
3	0,896	0,370	0,523	0,601	1,204	0,229	-1,207	0,227	1,631	0,103
4	0,981	0,327	-0,044	0,965	0,889	0,374	-2,329	0,020	-0,920	0,357
5	-1,589	0,112	-1,278	0,201	0,065	0,948	-3,454	0,001	-2,887	0,004
6	-2,512	0,012	-2,316	0,021	-0,399	0,690	-2,812	0,005	-2,946	0,003
7	-1,923	0,054	-2,200	0,028	-2,093	0,036	-3,608	0,000	-2,116	0,034
8	-2,361	0,018	-2,694	0,007	-1,707	0,088	-3,437	0,001	-0,828	0,408
9	-1,197	0,231	-2,200	0,028	-1,629	0,103	-3,338	0,001	-0,719	0,472
10	-1,413	0,158	-1,888	0,059	-2,133	0,033	-3,111	0,002	-0,176	0,861
Rok min.	1,469	0,142	-0,508	0,612	-1,061	0,289	-1,557	0,120	1,129	0,259
Stanice	Teufelmühle (60)		Vorderanger (44)		Zwettl - D (27)		Zwettl - GR (27)			
Roky	1951 - 2010		1966 - 2009		1984 - 2010		1984 - 2010			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,268	0,789	0,567	0,571	0,417	0,677	1,962	0,050		
12	-0,523	0,601	-0,273	0,785	-0,573	0,566	1,235	0,217		
1	0,070	0,944	-0,648	0,517	-0,574	0,566	-0,044	0,965		
2	0,415	0,678	-0,526	0,599	0,176	0,860	1,455	0,146		
3	1,225	0,221	0,819	0,413	0,573	0,566	2,205	0,027		
4	0,032	0,975	-0,051	0,960	-0,088	0,930	0,882	0,378		
5	-0,325	0,745	-0,435	0,664	-0,375	0,707	1,633	0,102		
6	-1,365	0,172	-0,840	0,401	-0,417	0,676	0,689	0,491		
7	-0,147	0,883	-0,769	0,442	-0,271	0,786	1,962	0,050		
8	-1,155	0,248	-0,992	0,321	0,083	0,934	1,585	0,113		
9	-0,810	0,418	-0,981	0,326	-0,146	0,884	1,712	0,087		
10	-1,537	0,124	-0,192	0,848	0,772	0,440	2,273	0,023		
Rok min.	1,878	0,060	-1,528	0,126	0,265	0,791	2,734	0,006		

Data: eHYD

Za účelem porovnání co největšího množství vodoměrných stanic mezi sebou v rámci stejného časového období byly dále vypuštěny tři rakouské stanice s nejkratší dobou pozorování – Obermühl, Zwettl – Diestlbach a Zwettl – Grosse Rodl. Vznikly tak dvě tabulky pro průměrné a minimální měsíční průtoky všech stanic v období let 1966 – 2009. Délka časových řad tedy bude u všech stanic shodně 44 let.

Když se podíváme nejprve na průměrné měsíční a roční průtoky (tab. 30), můžeme zde napříč všemi státy vidět výrazný vzestup jarních průtoků, zejména v březnu. Poměrně výrazný je rovněž pokles měsíčních průtoků na přelomu jara a léta, zejména v červnu. Tento trend však není signifikantní u tolika stanic jaro březnové poklesy. Nejvýrazněji se projevuje u rakouských stanic, méně u českých a německých. Pozoruhodný je výrazný pokles měsíčních průtoků v červnu až říjnu na stanici Kolinec. Významná změna v ročním průtoku se projevuje pouze u stanice Antýgl.

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků (tab. 31) se již projevují poměrně výrazné rozdíly mezi jednotlivými státy, resp. částmi Šumavy. Významné nárůsty minimálních průtoků na jaře vykazují jen některé české a německé stanice, zatímco u rakouských stanic se neprojevují vůbec. U dvou německých stanic (Schönberg a Teisnach) navíc dochází i k nárůstu průtoků na přelomu podzimu a zimy. Naopak k poklesům minimálních měsíčních průtoků na přelomu jara a léta došlo téměř u všech rakouských a některých českých stanic, ale u německých se vůbec neprojevíly. Zatímco německé stanice vykazují většinou nárůst minimálních ročních průtoků, u rakouských naopak převládá jejich pokles.

Pokud bychom chtěli navzájem porovnat všechny vodoměrné stanice i včetně tří původně vyloučených, museli bychom uvažovat období 1984 – 2009. V případě průměrných průtoků (tab. 32) by trend nárůstu na jaře (v březnu) zůstal většinou zachován. Trend úbytku průtoků v létě by se naopak zcela ztratil, resp. ztratila by se jeho signifikance.

Také v případě minimálních průtoků (tab. 33) by většina signifikantních trendů zmizela, zejména u českých stanic. Zůstal by však trend letního poklesu minimálních průtoků u rakouských stanic a projevil by se pokles průtoků ve většině měsíců u stanice Obermühl a naopak nárůst v případě stanice Zwettl – Grosse Rodl. Z uvedeného vyplývá, že toto porovnání není pro detekci trendů nejvhodnější, protože nezachytí většinu záporných trendů, které se z velké části týkají období před rokem 1984. Všechny trendy průměrných a minimálních průtoků od začátku pozorování i ve společném období 1966 - 2009 byly vyznačeny do map na obr. 25 – 28.

Tab. 30: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009

Stanice	Furth im Wald (44)		Kalteneck (44)		Kötzting (44)		Linden (44)		Schönberg (44)		Teisnach (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,333	0,739	0,871	0,384	0,822	0,411	0,196	0,845	2,114	0,035	1,849	0,064
12	-0,851	0,395	-0,078	0,938	-0,675	0,500	-0,714	0,475	-0,235	0,814	0,010	0,992
1	-0,395	0,693	0,860	0,390	-0,425	0,671	0,688	0,492	0,384	0,701	0,981	0,327
2	-0,577	0,564	1,386	0,166	0,081	0,936	1,629	0,103	1,163	0,245	1,133	0,257
3	1,699	0,089	2,853	0,004	2,691	0,007	2,458	0,014	2,832	0,005	2,812	0,005
4	-0,809	0,418	0,142	0,887	0,071	0,944	-0,445	0,656	0,263	0,793	-0,192	0,848
5	-1,082	0,279	-1,113	0,266	-1,143	0,253	-1,527	0,127	-1,335	0,182	-1,568	0,117
6	-1,214	0,225	-1,780	0,075	-1,639	0,101	-2,802	0,005	-0,729	0,466	-2,145	0,032
7	-0,860	0,390	0,121	0,903	-0,111	0,911	-0,769	0,442	1,072	0,284	-0,465	0,642
8	-0,961	0,337	-0,981	0,326	-0,931	0,352	-0,860	0,390	-0,556	0,578	-1,234	0,217
9	-0,840	0,401	0,293	0,769	-0,162	0,871	-0,101	0,919	0,617	0,537	0,121	0,903
10	-0,344	0,731	0,829	0,407	-0,283	0,777	0,192	0,848	1,679	0,093	1,123	0,262
Rok	-1,032	0,302	0,647	0,517	-0,283	0,777	0,303	0,762	1,092	0,275	0,061	0,952
Stanice	Furthmühle (44)		Hartmannsdorf (44)		Oberkappel (44)		Rottenegg (44)		Teufelmühle (44)		Vorderanger (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,470	0,639	0,430	0,667	0,020	0,984	0,264	0,792	0,391	0,696	-0,121	0,903
12	-0,724	0,469	-1,311	0,190	-1,092	0,275	-0,646	0,519	-1,311	0,190	-0,364	0,716
1	0,121	0,903	0,233	0,816	-0,408	0,683	-0,040	0,968	-0,162	0,871	0,668	0,504
2	0,526	0,599	0,081	0,936	-0,513	0,608	-0,364	0,716	0,243	0,808	0,546	0,585
3	2,650	0,008	2,347	0,019	1,790	0,074	2,063	0,039	1,962	0,050	2,569	0,010
4	0,364	0,716	0,769	0,442	-0,303	0,762	0,384	0,701	0,101	0,919	-0,061	0,952
5	-0,991	0,322	-0,364	0,716	-1,120	0,263	-1,113	0,266	-1,032	0,302	-1,072	0,284
6	-2,994	0,003	-2,387	0,017	-2,836	0,005	-3,014	0,003	-2,832	0,005	-2,974	0,003
7	-0,850	0,396	-1,416	0,157	-1,821	0,069	-1,922	0,055	-1,173	0,241	-1,133	0,257
8	-2,084	0,037	-0,991	0,322	-1,936	0,053	-1,274	0,203	-1,558	0,119	-2,023	0,043
9	-0,607	0,544	-0,405	0,686	-0,743	0,457	-0,283	0,777	-0,769	0,442	-0,485	0,627
10	0,324	0,746	-0,142	0,887	-0,890	0,374	-0,121	0,903	-0,162	0,871	-0,182	0,856
Rok	0,081	0,936	-0,263	0,793	-1,463	0,143	-1,011	0,312	-0,850	0,396	0,324	0,746
Stanice	Lenora (44)		Modrava (44)		Antýgl (44)		Rejstejn (44)		Sušice (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,235	0,814	0,352	0,725	1,664	0,096	1,898	0,058	1,555	0,120		
12	-1,027	0,304	-0,450	0,653	0,178	0,859	-0,049	0,961	-0,509	0,611		
1	-1,214	0,225	0,202	0,840	0,065	0,948	0,324	0,746	0,162	0,871		
2	-0,364	0,716	0,142	0,887	0,314	0,753	0,829	0,407	0,971	0,332		
3	2,104	0,035	2,347	0,019	1,766	0,077	3,115	0,002	3,439	0,001		
4	0,020	0,984	2,266	0,023	2,005	0,045	1,416	0,157	0,829	0,407		
5	-1,821	0,069	-1,011	0,312	-0,466	0,641	-1,214	0,225	-1,598	0,110		
6	-1,982	0,047	-2,711	0,007	-0,726	0,468	-2,063	0,039	-2,043	0,041		
7	-0,526	0,599	-1,173	0,241	0,553	0,580	0,162	0,871	0,223	0,824		
8	-1,032	0,302	-1,254	0,210	0,228	0,820	-0,223	0,824	-0,485	0,627		
9	-0,850	0,396	-0,243	0,808	1,333	0,183	0,202	0,840	0,061	0,952		
10	0,131	0,895	0,506	0,613	1,593	0,111	0,991	0,322	1,011	0,312		
Rok	-0,364	0,716	0,384	0,701	2,205	0,027	0,951	0,342	0,688	0,492		
Stanice	Kolinec (44)		Bohumilice (44)		Němčice (44)		Blanický m. (44)		Podědvor.m. (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-1,321	0,187	0,910	0,363	1,213	0,225	0,841	0,400	0,372	0,710		
12	-1,272	0,203	-0,408	0,683	0,000	1,000	-0,920	0,358	-1,272	0,203		
1	-1,315	0,189	-0,444	0,657	0,566	0,571	0,142	0,887	-0,040	0,968		
2	-0,789	0,430	0,553	0,580	1,072	0,284	0,789	0,430	0,688	0,492		
3	1,052	0,293	2,785	0,005	3,479	0,001	3,338	0,001	2,589	0,010		
4	-0,435	0,664	-0,423	0,673	0,000	1,000	-0,303	0,762	-0,769	0,442		
5	-1,841	0,066	-1,203	0,229	-1,254	0,210	-1,760	0,078	-1,942	0,052		
6	-2,427	0,015	-0,921	0,357	-1,679	0,093	-1,497	0,134	-1,922	0,055		
7	-2,367	0,018	0,119	0,905	-0,182	0,856	-0,789	0,430	-1,092	0,275		
8	-2,508	0,012	-0,921	0,357	-0,910	0,363	-0,809	0,418	-1,103	0,270		
9	-2,731	0,006	-0,900	0,368	-1,133	0,257	-1,436	0,151	-2,003	0,045		
10	-1,841	0,066	0,249	0,803	0,324	0,746	-0,748	0,454	-0,688	0,492		
Rok	-1,497	0,134	0,910	0,363	1,011	0,312	0,000	1,000	-0,728	0,466		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 31: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009

Stanice	Furth im Wald (44)		Kalteneck (44)		Kötzting (44)		Linden (44)		Schönberg (44)		Teisnach (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,675	0,500	1,008	0,314	0,548	0,584	0,323	0,747	3,258	0,001	2,133	0,033
12	-1,360	0,174	1,311	0,190	0,567	0,570	0,538	0,590	1,976	0,048	2,514	0,012
1	-1,032	0,302	0,931	0,352	0,738	0,460	0,607	0,544	1,841	0,066	2,407	0,016
2	-0,617	0,537	1,801	0,072	0,678	0,498	1,052	0,293	1,032	0,302	1,882	0,060
3	0,486	0,627	1,871	0,061	1,993	0,046	1,689	0,091	1,780	0,075	2,256	0,024
4	-0,759	0,448	0,192	0,848	1,113	0,266	0,860	0,390	1,204	0,229	1,042	0,297
5	-0,759	0,448	-1,457	0,145	-0,364	0,716	-1,568	0,117	-0,910	0,363	-0,971	0,331
6	-1,801	0,072	-0,819	0,413	-0,910	0,363	-1,953	0,051	1,092	0,275	-1,861	0,063
7	-0,385	0,701	-0,101	0,919	-0,283	0,777	-1,305	0,192	2,124	0,034	-0,809	0,418
8	-1,123	0,261	-0,748	0,454	-0,475	0,634	-0,941	0,347	1,861	0,063	-1,133	0,257
9	-0,931	0,352	0,223	0,824	-0,334	0,739	-0,890	0,373	2,478	0,013	0,131	0,895
10	-0,759	0,448	0,657	0,511	-0,020	0,984	-0,769	0,442	3,085	0,002	1,305	0,192
Rok	-0,263	0,793	0,688	0,492	0,374	0,708	0,475	0,635	4,117	0,000	2,438	0,015
Stanice	Furthmühle (44)		Hartmannsdorf (44)		Oberkappel (44)		Rottenegg (44)		Teufelmühle (44)		Vorderanger (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,010	0,992	-0,372	0,710	-1,305	0,192	0,137	0,891	-0,499	0,618	0,567	0,571
12	-1,810	0,070	-0,475	0,634	-0,922	0,357	-0,374	0,708	-1,275	0,202	-0,273	0,785
1	-1,234	0,217	-0,253	0,800	-0,837	0,402	-0,567	0,571	-1,224	0,221	-0,648	0,517
2	-0,728	0,466	0,324	0,746	-0,408	0,683	0,536	0,592	0,061	0,952	-0,526	0,599
3	0,748	0,454	1,396	0,163	0,377	0,706	1,193	0,233	1,204	0,229	0,819	0,413
4	0,091	0,927	-0,132	0,895	-0,670	0,503	-0,607	0,544	-0,880	0,379	-0,051	0,960
5	-2,853	0,004	-0,587	0,557	-1,403	0,161	-2,064	0,039	-2,397	0,017	-0,435	0,664
6	-3,359	0,001	-1,548	0,122	-1,770	0,077	-2,783	0,005	-4,117	0,000	-0,840	0,401
7	-2,276	0,023	-1,325	0,185	-2,753	0,006	-2,225	0,026	-2,256	0,024	-0,769	0,442
8	-2,549	0,011	-2,054	0,040	-1,528	0,126	-2,296	0,022	-2,357	0,018	-0,992	0,321
9	-1,952	0,051	-1,497	0,134	-1,989	0,047	-1,507	0,132	-2,165	0,030	-0,981	0,326
10	-1,841	0,066	-1,608	0,108	-2,346	0,019	-1,072	0,284	-1,497	0,134	-0,192	0,848
Rok	-0,961	0,336	-0,061	0,952	-2,071	0,038	0,283	0,777	-0,010	0,992	-1,528	0,126
Stanice	Lenora (44)		Modrava (44)		Antýgl (44)		Rejstejn (44)		Sušice (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,401	0,688	-0,137	0,891	1,968	0,049	1,860	0,063	1,497	0,134		
12	-0,900	0,368	-0,724	0,469	1,633	0,102	0,588	0,557	0,029	0,977		
1	-1,882	0,060	-0,375	0,708	0,434	0,665	-0,132	0,895	-0,111	0,911		
2	-0,374	0,708	-0,779	0,436	0,726	0,468	0,091	0,927	0,010	0,992		
3	0,880	0,379	0,071	0,944	0,271	0,786	1,396	0,163	1,700	0,089		
4	1,062	0,288	1,680	0,093	3,122	0,002	2,277	0,023	2,328	0,020		
5	-1,659	0,097	-2,175	0,030	0,575	0,566	-1,012	0,312	-1,629	0,103		
6	-1,134	0,257	-3,545	0,000	0,542	0,588	-2,006	0,045	-1,650	0,099		
7	-0,789	0,430	-1,964	0,050	1,301	0,193	-0,061	0,952	-0,334	0,738		
8	0,263	0,792	-1,903	0,057	0,867	0,386	0,162	0,871	-0,233	0,816		
9	-0,800	0,424	-1,478	0,139	1,073	0,283	-0,213	0,831	-0,526	0,599		
10	-0,526	0,599	-0,557	0,577	0,857	0,392	0,638	0,524	0,364	0,716		
Rok	-1,305	0,192	-0,668	0,504	0,358	0,720	0,425	0,671	-0,040	0,968		
Stanice	Kolínec (44)		Bohumilice (44)		Němětice (44)		Blanický m. (44)		Poděvbor.m. (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,646	0,518	1,466	0,143	1,389	0,165	1,275	0,202	0,088	0,930		
12	-0,763	0,445	0,230	0,818	0,851	0,395	-0,890	0,373	-1,086	0,277		
1	-1,993	0,046	-0,108	0,914	0,546	0,585	0,051	0,960	-0,617	0,537		
2	-0,749	0,454	-0,173	0,862	1,295	0,195	-0,415	0,678	0,324	0,746		
3	-0,374	0,708	1,171	0,242	1,649	0,099	1,315	0,188	1,244	0,213		
4	0,374	0,708	-1,301	0,193	-0,364	0,716	-2,267	0,023	-2,418	0,016		
5	-0,880	0,379	-0,770	0,441	-0,374	0,708	-1,366	0,172	-1,872	0,061		
6	-1,042	0,297	0,130	0,897	-0,769	0,442	-0,567	0,571	-2,013	0,044		
7	-1,690	0,091	0,076	0,940	-0,607	0,544	-0,425	0,671	-1,801	0,072		
8	-1,821	0,069	-0,358	0,721	-0,769	0,442	-1,457	0,145	-1,801	0,072		
9	-2,529	0,011	-0,195	0,845	-0,961	0,336	-0,810	0,418	-1,973	0,049		
10	-1,548	0,122	-0,282	0,778	0,040	0,968	-1,154	0,248	-2,459	0,014		
Rok	-0,668	0,504	0,564	0,573	1,487	0,137	0,628	0,530	-1,731	0,083		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 32: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009

Stanice	Furth im Wald (26)		Kalteneck (26)		Kötzting (26)		Linden (26)		Schönberg (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,507	0,612	0,066	0,947	-0,066	0,947	-0,397	0,691	0,110	0,912
12	-1,962	0,050	-1,146	0,252	-1,345	0,179	-1,787	0,074	-1,764	0,078
1	-1,146	0,252	-0,154	0,877	-0,309	0,758	-0,287	0,774	-0,309	0,758
2	0,000	1,000	1,058	0,290	0,419	0,675	0,926	0,354	-0,022	0,982
3	1,521	0,128	2,226	0,026	2,051	0,040	2,227	0,026	1,919	0,055
4	-0,419	0,675	0,639	0,523	0,683	0,494	0,242	0,808	0,375	0,708
5	-1,147	0,251	-0,309	0,758	-0,485	0,628	-0,441	0,659	-0,397	0,691
6	-1,609	0,108	-0,441	0,659	-1,058	0,290	-1,014	0,311	-0,573	0,566
7	-0,617	0,537	0,441	0,659	-0,066	0,947	-0,331	0,741	0,662	0,508
8	-1,565	0,118	-0,110	0,912	-0,948	0,343	-0,066	0,947	-0,110	0,912
9	-1,433	0,152	-0,595	0,552	-0,926	0,354	-0,595	0,552	-0,904	0,366
10	-0,860	0,390	-0,110	0,912	-0,904	0,366	-0,573	0,566	0,331	0,741
Rok	-0,727	0,467	1,433	0,152	0,595	0,552	1,300	0,193	0,904	0,366
Stanice	Teisnach (26)		Furthmühle (26)		Hartmannsdorf (26)		Oberkappel (26)		Obermühl (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,022	0,982	0,198	0,843	0,551	0,582	0,327	0,744	-0,022	0,982
12	-1,212	0,225	-1,212	0,225	-1,124	0,261	-0,841	0,400	-1,741	0,082
1	-0,551	0,582	-0,198	0,843	-0,198	0,843	-0,654	0,513	-0,595	0,552
2	0,353	0,724	0,595	0,552	0,375	0,708	0,047	0,963	-0,198	0,843
3	1,587	0,112	1,962	0,050	2,491	0,013	1,822	0,069	1,918	0,055
4	0,441	0,659	0,639	0,523	1,080	0,280	0,280	0,779	0,198	0,843
5	-0,441	0,659	-0,683	0,494	-0,551	0,582	-0,561	0,575	-0,463	0,643
6	-1,147	0,251	-1,565	0,118	-1,389	0,165	-0,794	0,427	-1,168	0,243
7	-0,441	0,659	0,066	0,947	-0,375	0,708	-0,747	0,455	-0,287	0,774
8	-0,573	0,566	-0,242	0,808	0,022	0,982	-0,327	0,744	-0,242	0,808
9	-1,521	0,128	-0,419	0,675	-0,375	0,708	-0,514	0,607	-0,727	0,467
10	-0,706	0,480	-0,242	0,808	-0,022	0,982	-0,607	0,544	-1,124	0,261
Rok	0,154	0,877	1,256	0,209	1,433	0,152	0,198	0,843	0,904	0,366
Stanice	Rottenegg (26)		Teufelmühle (26)		Vorderanger (26)		Zwettl - D (26)		Zwettl - GR (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,750	0,453	0,198	0,843	0,022	0,982	-0,771	0,440	1,080	0,280
12	-0,992	0,321	-1,212	0,225	-1,477	0,140	-2,623	0,009	-1,345	0,179
1	-0,639	0,523	-0,419	0,675	-0,198	0,843	-1,261	0,207	-0,887	0,375
2	0,066	0,947	0,154	0,877	0,419	0,675	-0,187	0,852	0,374	0,709
3	1,609	0,108	1,962	0,050	2,182	0,029	2,289	0,022	1,355	0,176
4	0,375	0,708	0,463	0,643	0,507	0,612	0,747	0,455	0,607	0,544
5	-0,816	0,415	-0,507	0,612	-0,595	0,552	-1,300	0,193	-0,374	0,709
6	-1,256	0,209	-1,477	0,140	-1,080	0,280	-1,829	0,067	-0,066	0,947
7	-0,507	0,612	0,110	0,912	0,022	0,982	-0,750	0,453	0,154	0,877
8	0,463	0,643	-0,110	0,912	-0,639	0,523	-0,507	0,612	0,419	0,675
9	-0,022	0,982	-0,551	0,582	-0,463	0,643	-0,551	0,582	0,419	0,675
10	0,419	0,675	-0,242	0,808	-0,287	0,774	-0,463	0,643	1,521	0,128
Rok	0,507	0,612	0,904	0,366	0,683	0,494	0,000	1,000	0,934	0,350
Stanice	Lenora (26)		Modrava (26)		Antýgl (26)		Rejstejn (26)		Sušice (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,110	0,912	0,066	0,947	-0,066	0,947	0,154	0,877	0,110	0,912
12	-2,006	0,045	-1,433	0,152	-0,992	0,321	-1,455	0,146	-1,697	0,090
1	-1,080	0,280	-0,551	0,582	-0,220	0,826	-0,551	0,582	-0,551	0,582
2	0,595	0,552	1,124	0,261	1,256	0,209	0,860	0,390	0,639	0,523
3	1,521	0,128	1,962	0,050	1,918	0,055	2,138	0,033	2,094	0,036
4	0,595	0,552	2,182	0,029	1,168	0,243	1,477	0,140	1,300	0,193
5	-0,992	0,321	-0,198	0,843	-0,992	0,321	-0,507	0,612	-0,595	0,552
6	0,022	0,982	-0,595	0,552	-0,242	0,808	-0,463	0,643	-0,419	0,675
7	1,212	0,225	0,683	0,494	0,816	0,415	0,507	0,612	0,551	0,582
8	0,242	0,808	0,198	0,843	0,860	0,390	0,331	0,741	0,331	0,741
9	0,463	0,643	-0,375	0,708	0,375	0,708	-0,287	0,774	-0,198	0,843
10	0,992	0,321	0,265	0,791	1,609	0,108	1,256	0,209	1,300	0,193
Rok	1,036	0,300	1,521	0,128	1,918	0,055	1,565	0,118	1,477	0,140
Stanice	Kolinec (26)		Bohumilice (26)		Němčice (26)		Blanický m. (26)		Podědvor.m. (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,992	0,321	1,080	0,280	1,212	0,225	1,345	0,179	1,477	0,140
12	-0,992	0,321	-1,741	0,082	-1,477	0,140	-1,212	0,225	-1,609	0,108
1	-0,419	0,675	-0,595	0,552	-0,198	0,843	-0,154	0,877	-0,375	0,708
2	1,036	0,300	0,507	0,612	0,992	0,321	1,345	0,179	1,124	0,261
3	2,270	0,023	2,094	0,036	2,358	0,018	2,755	0,006	1,741	0,082
4	0,948	0,343	-0,551	0,582	0,066	0,947	0,198	0,843	-0,154	0,877
5	0,331	0,741	-1,477	0,140	-0,198	0,843	-0,992	0,321	-1,212	0,225
6	0,683	0,494	-0,066	0,947	-0,110	0,912	-0,198	0,843	0,022	0,982
7	1,300	0,193	0,683	0,494	0,860	0,390	0,904	0,366	1,080	0,280
8	0,287	0,774	-0,154	0,877	-0,066	0,947	0,992	0,321	0,331	0,741
9	0,066	0,947	-0,154	0,877	0,022	0,982	-0,198	0,843	-0,110	0,912
10	1,609	0,108	0,683	0,494	0,992	0,321	0,816	0,415	0,551	0,582
Rok	2,050	0,040	1,124	0,261	1,609	0,108	1,829	0,067	1,521	0,128

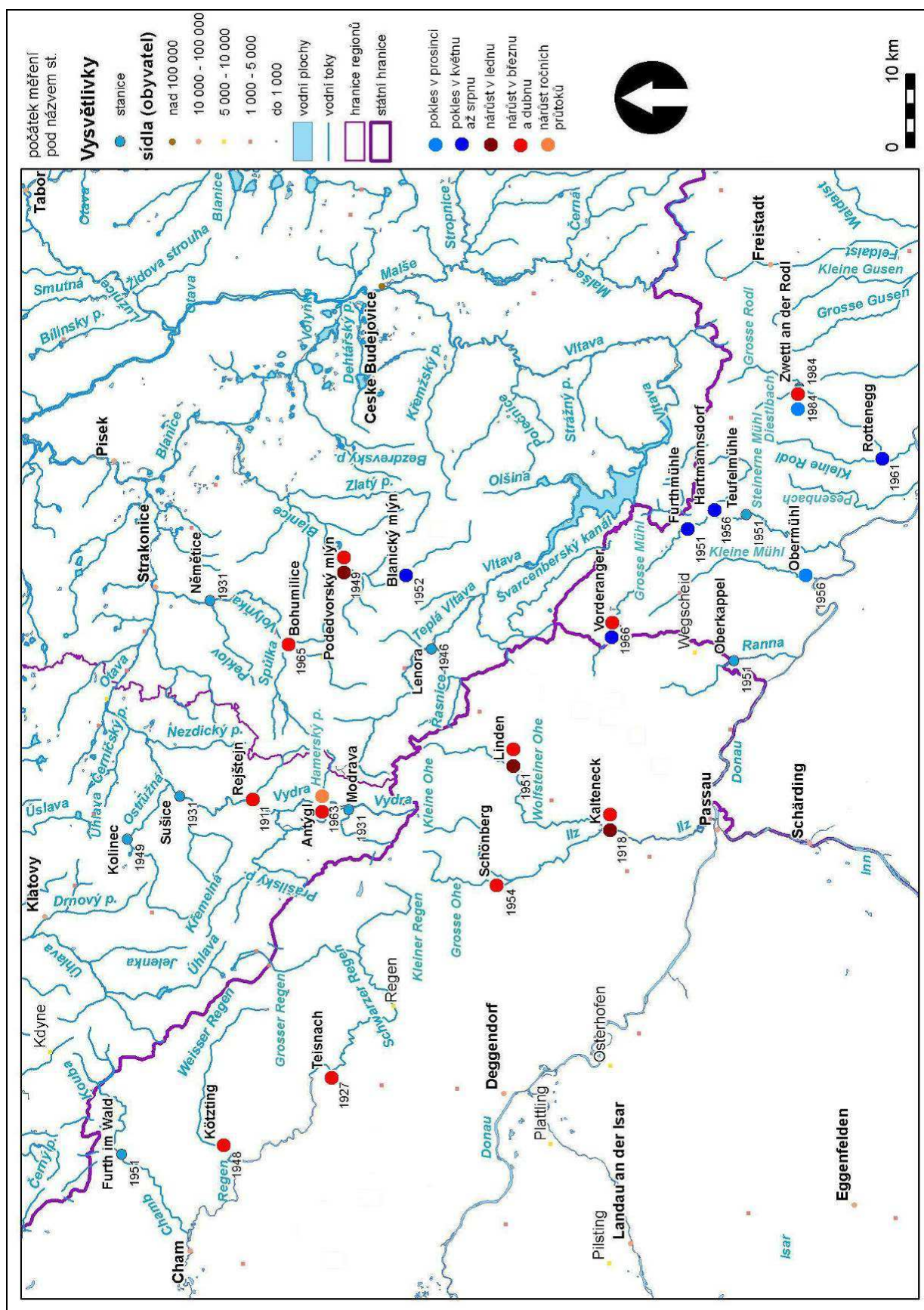
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 33: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009

Stanice	Furth im Wald (26)		Kalteneck (26)		Kötzting (26)		Linden (26)		Schönberg (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-1,389	0,165	0,529	0,597	-0,375	0,708	-0,507	0,612	1,609	0,108
12	-1,235	0,217	0,617	0,537	0,397	0,691	0,132	0,895	0,507	0,612
1	-1,612	0,107	-0,140	0,888	-0,771	0,441	-0,164	0,870	-0,608	0,543
2	-0,514	0,607	1,145	0,252	0,117	0,907	0,748	0,455	0,304	0,761
3	-0,467	0,640	1,332	0,183	0,841	0,400	0,864	0,387	0,887	0,375
4	-1,191	0,233	0,164	0,870	0,467	0,640	0,794	0,427	0,047	0,963
5	-1,775	0,076	-0,280	0,779	-0,140	0,889	-0,327	0,744	-0,187	0,852
6	-1,705	0,088	0,280	0,779	-0,818	0,414	-1,028	0,304	0,818	0,414
7	-0,864	0,387	1,028	0,304	-0,771	0,441	-0,350	0,726	2,103	0,035
8	-2,103	0,035	0,467	0,640	-0,677	0,498	-0,607	0,544	1,822	0,069
9	-1,496	0,135	0,327	0,744	-1,145	0,252	-0,374	0,709	1,401	0,161
10	-0,537	0,591	1,285	0,199	0,187	0,852	0,117	0,907	2,079	0,038
Rok	-0,794	0,427	0,639	0,523	0,287	0,774	-0,507	0,612	1,610	0,107
Stanice	Teisnach (26)		Furthmühle (26)		Hartmannsdorf (26)		Oberkappel (26)		Obermühl (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,551	0,582	0,331	0,741	0,463	0,643	-0,023	0,981	-0,795	0,427
12	-0,242	0,808	-0,816	0,415	0,070	0,944	0,149	0,882	-1,495	0,135
1	-0,327	0,744	-0,935	0,350	-0,890	0,374	-0,471	0,637	-2,149	0,032
2	0,327	0,744	-0,023	0,981	0,420	0,674	0,025	0,980	-1,378	0,168
3	0,280	0,779	0,467	0,640	0,958	0,338	0,844	0,398	0,327	0,744
4	0,234	0,815	-0,444	0,657	-0,093	0,926	-0,298	0,766	-1,448	0,148
5	-0,467	0,640	-1,261	0,207	-0,795	0,427	-0,224	0,823	-2,669	0,008
6	-0,794	0,427	-3,247	0,001	-1,425	0,154	-0,273	0,785	-2,195	0,028
7	-0,023	0,981	-1,939	0,053	-0,210	0,833	-1,067	0,286	-2,570	0,010
8	-1,191	0,233	-1,589	0,112	0,164	0,870	0,397	0,691	-2,289	0,022
9	-1,495	0,135	-0,911	0,362	-0,047	0,963	0,273	0,785	-1,775	0,076
10	-0,093	0,926	0,047	0,963	0,678	0,498	0,248	0,804	-1,145	0,252
Rok	-1,367	0,172	0,331	0,741	0,926	0,354	-0,372	0,710	-2,050	0,040
Stanice	Rottenegg (26)		Teufelmühle (26)		Vorderanger (26)		Zwettl - D (26)		Zwettl - GR (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,124	0,261	0,110	0,912	-0,066	0,947	0,353	0,724	2,031	0,042
12	0,327	0,744	0,070	0,944	0,375	0,708	-0,444	0,657	1,098	0,272
1	-0,070	0,944	-1,775	0,076	-1,099	0,272	-0,632	0,528	0,257	0,797
2	0,607	0,544	-0,491	0,624	-0,187	0,851	0,537	0,591	2,126	0,034
3	1,588	0,112	0,467	0,640	0,257	0,797	1,005	0,315	2,453	0,014
4	0,023	0,981	-0,981	0,327	0,023	0,981	-0,070	0,944	1,005	0,315
5	-0,093	0,926	-2,009	0,045	-0,304	0,761	-0,140	0,889	1,380	0,168
6	-0,724	0,469	-3,692	0,000	-0,584	0,559	-0,304	0,761	0,468	0,640
7	0,304	0,761	-1,214	0,225	0,094	0,925	-0,093	0,926	1,427	0,154
8	-0,491	0,624	-1,261	0,207	0,047	0,963	0,164	0,870	1,098	0,272
9	0,304	0,761	-0,070	0,944	-0,701	0,483	0,094	0,925	1,426	0,154
10	1,449	0,147	0,677	0,498	0,491	0,624	1,215	0,224	2,477	0,013
Rok	1,036	0,300	0,971	0,332	-0,904	0,366	-0,304	0,761	2,453	0,014
Stanice	Lenora (26)		Modrava (26)		Antýgl (26)		Rejstejn (26)		Sušice (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,345	0,179	0,132	0,895	1,368	0,171	0,640	0,522	0,727	0,467
12	-0,331	0,741	-0,970	0,332	0,993	0,321	-0,464	0,643	-0,727	0,467
1	-1,612	0,107	-0,888	0,375	-0,117	0,907	-1,239	0,215	-1,145	0,252
2	0,935	0,350	0,280	0,779	0,327	0,743	-0,023	0,981	-0,210	0,833
3	0,537	0,591	-0,794	0,427	0,935	0,350	0,210	0,833	0,514	0,607
4	2,055	0,040	0,140	0,888	1,332	0,183	0,467	0,640	0,701	0,483
5	-0,514	0,607	-0,327	0,744	0,397	0,691	-0,467	0,640	-0,561	0,575
6	0,047	0,963	-0,912	0,362	0,607	0,544	-0,514	0,607	-0,117	0,907
7	1,401	0,161	0,701	0,483	0,795	0,427	0,514	0,607	0,537	0,591
8	1,496	0,135	0,327	0,744	1,309	0,191	0,187	0,852	0,420	0,674
9	1,449	0,147	-0,421	0,674	0,935	0,350	0,070	0,944	0,210	0,833
10	1,518	0,129	0,094	0,925	1,239	0,215	1,403	0,161	1,355	0,176
Rok	-0,110	0,912	-1,279	0,201	-0,309	0,757	-1,148	0,251	-0,905	0,366
Stanice	Kolínec (26)		Bohumilice (26)		Němčice (26)		Blanický m. (26)		Podědvor.m. (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,500	0,134	0,706	0,480	0,838	0,402	1,058	0,290	0,838	0,402
12	1,125	0,260	-0,176	0,860	0,595	0,552	0,441	0,659	-0,463	0,643
1	-0,701	0,483	-0,747	0,455	-0,561	0,575	0,023	0,981	-0,420	0,674
2	0,912	0,362	-0,397	0,691	0,350	0,726	0,327	0,744	1,378	0,168
3	1,214	0,225	0,514	0,607	1,378	0,168	0,981	0,327	1,565	0,118
4	0,958	0,338	-1,308	0,191	-0,140	0,889	-1,261	0,207	-1,051	0,293
5	0,374	0,708	-1,520	0,129	0,421	0,674	-0,748	0,455	-0,491	0,624
6	-0,117	0,907	-0,935	0,350	-0,561	0,575	-2,055	0,040	-1,799	0,072
7	1,495	0,135	-0,093	0,926	0,210	0,833	-0,234	0,815	-0,047	0,963
8	0,491	0,624	0,164	0,870	0,187	0,852	-0,140	0,888	0,374	0,709
9	0,420	0,674	0,327	0,744	-0,094	0,925	-0,537	0,591	-0,561	0,575
10	1,518	0,129	0,747	0,455	0,164	0,870	-0,351	0,726	0,093	0,926
Rok	0,088	0,930	0,441	0,659	0,220	0,826	-0,507	0,612	0,044	0,965

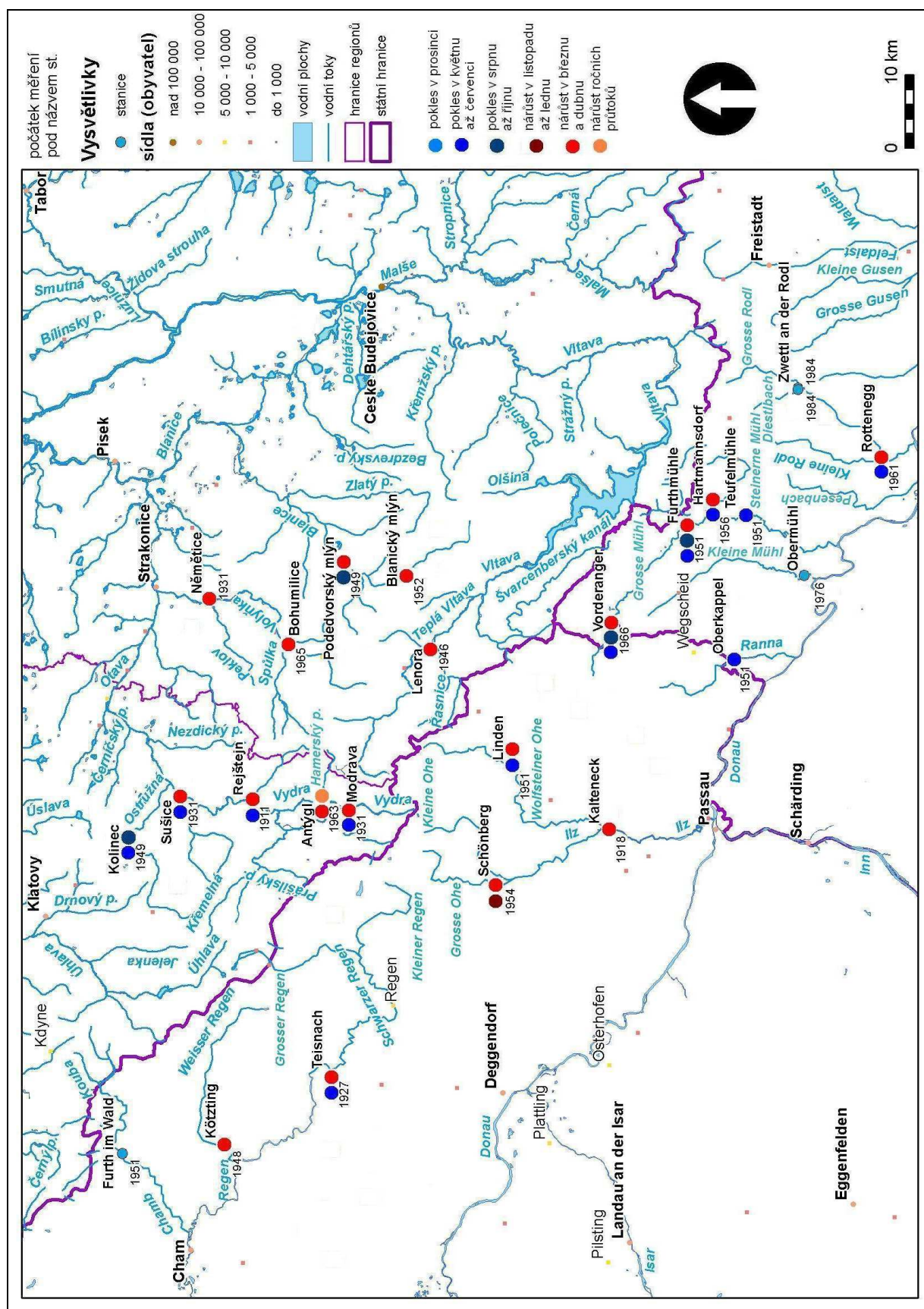
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 26: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků



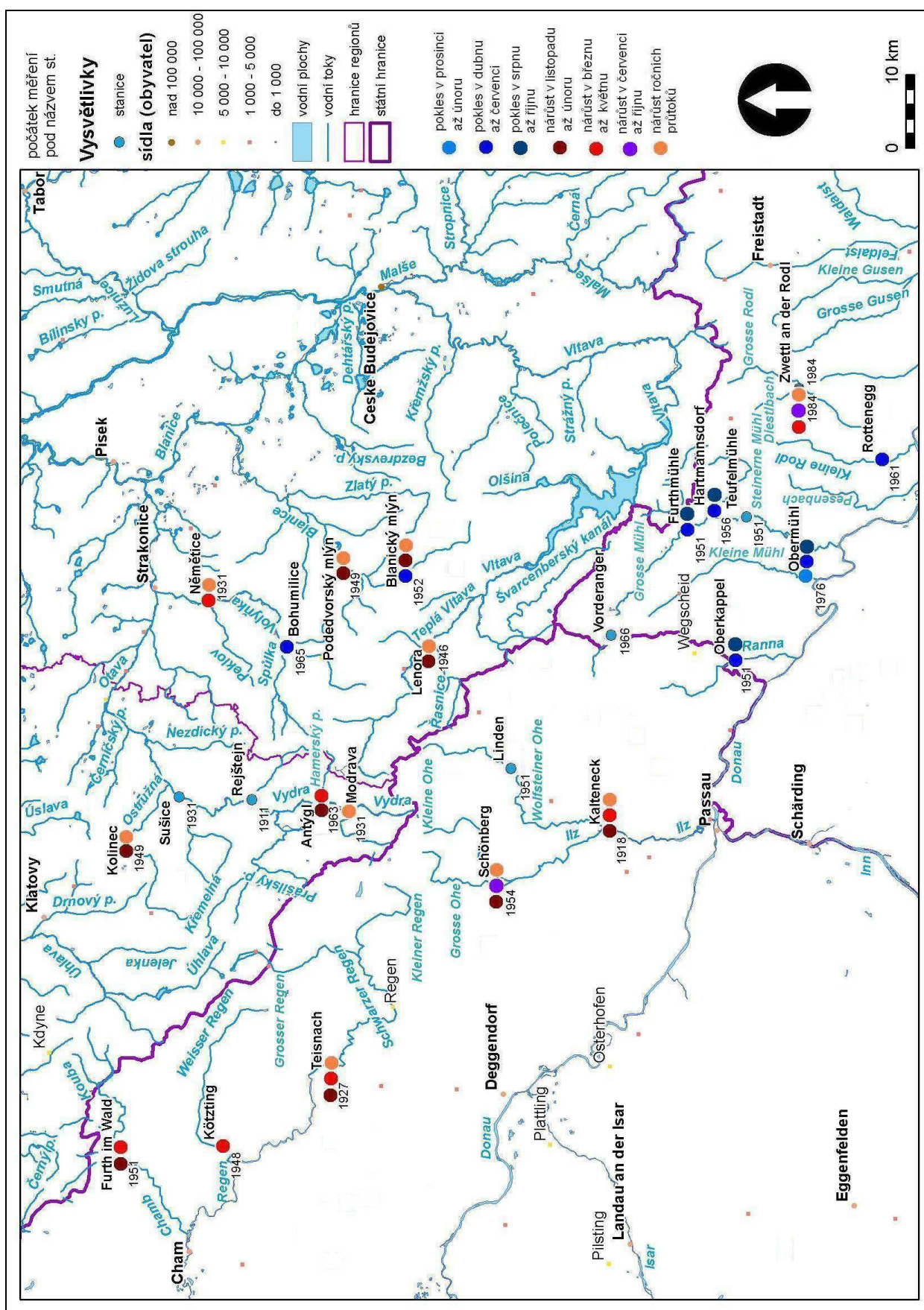
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 27: Trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v období 1966 - 2009



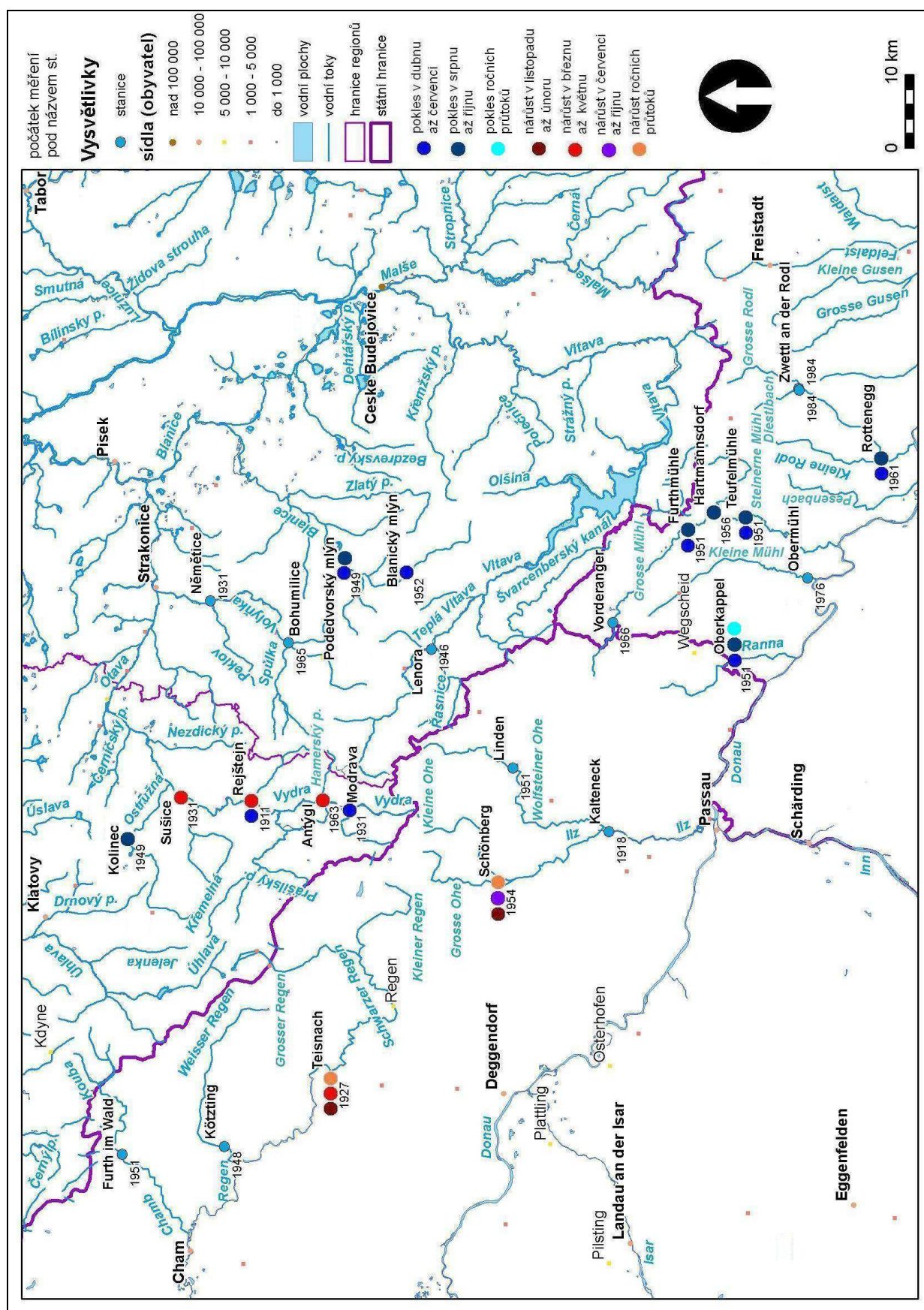
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 28: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků



Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 29: Trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v období 1966 - 2009



Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Podobně jako v případě měsíčních a ročních srážkových úhrnů byly také trendy průměrných měsíčních a ročních průtoků vyznačeny do mapy vodoměrných stanic (viz obr. 26 a 27). Trendy byly odlišeny barevně, přičemž odstíny modré náleží poklesům a odstíny červené nárůstům měsíčních průtoků. Oranžová barva pak odpovídá nárůstu ročních průtoků. Je zde vidět, že poklesy měsíčních průtoků nastávají téměř výhradně u rakouských povodí, zatímco v případě německých povodí se naopak jedná pouze o nárůsty. Jediným povodím s nárůstem průměrných ročních průtoků je Hamerský potok po stanici Antýgl. V případě použití stejného období (1966 – 2009) více vynikne trend poklesu průtoků v květnu až červenci, zejména u českých stanic v povodí Otavy.

Obdobně byly do map znázorněny také trendy pro minimální průtoky (obr. 28 a 29). Zatímco v případě nejdelších možných časových řad častěji projeví trend nárůstu minimálních ročních průtoků, ve společném období (1966 – 2009) už je patrný jen u stanic Teisnach a Schönberg. V tomto období je naopak výraznější trend nárůstu minimálních průtoků v březnu až květnu.

4.3 Kombinace srážek a průtoků

Za účelem zjištění existence orografického efektu, jeho velikosti v jednotlivých částech Šumavy a jeho časové proměnlivosti byly vypočteny závislosti průměrných ročních srážkových úhrnů na nadmořské výšce příslušných stanic v rámci celé zájmové oblasti. Využity přitom byly časové řady srážek všech dostupných stanic v zájmové oblasti, které měly srovnatelnou délku pozorování. Nebyly tedy zahrnuty pouze stanice vybrané pro analýzu srážkových trendů či testů homogenity, ale i ostatní stanice v okolí, aby vyjádření závislostí bylo co nejpřesnější.

V případě ČR byla použita data z celkem 48 stanic za období 1962 – 2011. V případě Rakouska a Německa byl počet použitých stanic téměř shodný s počtem využitým v dalších analýzách, protože zde nebylo k dispozici více časových řad pro shodné období, které by výslednou rovnici závislosti zpřesnily. Výstupem je graf závislosti srážkových úhrnů na nadmořské výšce srážkoměrných stanic (viz obr. 11) s rovnicí regrese, která posloužila k výpočtu srážek na povodí a následně i hodnot odtokového koeficientu.

4.3.1 Srážky na povodí

Jak již bylo řečeno, hodnoty srážkových úhrnů na jednotlivá povodí byly vypočteny podle rovnice závislosti ročních úhrnů srážek na nadmořské výšce všech dostupných srážkoměrných stanic v zájmové oblasti ze společné období 1971 – 2010 (viz obr. 11). Stanice ležící mimo regresní přímku mohou poukazovat na možný orografický efekt v této oblasti. Výsledné průměrné roční úhrny srážek na povodí byly přidány do tabulky základních charakteristik všech povodí (viz tab. 4).

4.3.2 Odtokový koeficient

Hodnoty průměrných srážek na povodí dále posloužily pro výpočet hodnoty odtokového koeficientu pro každé povodí. Výstupem jsou dvě tabulky s vypočtenými průměrnými hodnotami odtokového koeficientu včetně jeho trendu podle Mann-Kendallova testu jak pro období od počátku pozorování na jednotlivých stanicích (viz tab. 34), tak i pro společné období let 1967 – 2010 (tab. 35). Ve druhém případě jsou výsledné hodnoty lépe porovnatelné, ale musely být vyřazeny čtyři stanice: Zwettl – Diestlbach, Zwettl – Grosse Rodl a Obermühl z důvodu příliš krátké časové řady (26 respektive 34 let) a dále stanice Oberkappel z důvodu výpadku měření v 90. letech.

Jak je možné vyčíst z tabulky 34, největší hodnoty odtokového koeficientu vykazují povodí Vydry po Modravu (přes 90 %), Weisser Regen po Kötzting, Ranny po Oberkappel a Grosse Mühl po Vorderanger (vždy přes 80 %). Nejnižších hodnot naopak dosahují povodí Volyňky po Němětice (pod 30 %), Blanice po Blanický mlýn, Spůlky po Bohumilice a Blanice po Podedvorský mlýn (vždy pod 35 %). Ve všech případech se jedná o česká povodí. Většina povodí vykazuje vzestupný trend odtokového koeficientu, přičemž statisticky významný je v případě Rejštejnu, Sušice, Kaltenecku a Teisnachu. Signifikantní pokles byl zaznamenán u stanic Obermühl a Rottenegg.

Pokud použijeme shodné období (tab. 35), u většiny povodí hodnota odtokového koeficientu mírně vzroste, ale vzájemné poměry se prakticky nezmění. Výraznější změny nastaly v případě dlouhodobých trendů. Vzestupné trendy u stanic s dlouhými časovými řadami se zde na rozdíl od tabulky 34 již neprojeví a naopak přibýlo povodí se signifikantním poklesem: stanice Kolínek a Lenora v ČR, Furth im Wald a Kötzting v Německu a Rottenegg a Teufelmühle v Rakousku.

Tab. 34: Hodnoty odtokového koeficientu a jeho trend podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Vodní tok	Stát	Období	Počet let	Výška (m n.m.)	c (%)	MK-Stat	p-hodnota
Antýgl	Hamerský potok	Česká republika	1963-2011	49	1 098,1	62,946	1,000	0,317
Blanický mlýn	Blanice	Česká republika	1953-2011	59	890,3	34,132	-0,242	0,809
Bohumilice	Spůlka	Česká republika	1965-2011	47	799,8	32,428	-1,201	0,230
Kolinec	Ostružná	Česká republika	1949-2011	63	748,8	46,007	0,635	0,526
Lenora	Teplá Vltava	Česká republika	1946-2011	66	1 013,4	48,332	1,245	0,213
Modrava	Vydra	Česká republika	1949-2011	63	1 136,1	96,560	0,907	0,364
Němětice	Volyňka	Česká republika	1932-2011	80	716,3	26,041	1,753	0,080
Podedvorský mlýn	Blanice	Česká republika	1949-2011	63	843,9	31,765	0,397	0,691
Rejštejn	Otava	Česká republika	1948-2011	64	1 016,3	68,440	2,920	0,004
Sušice	Otava	Česká republika	1932-2011	80	914,0	56,271	3,066	0,002
Furth im Wald	Chamb	Německo	1951-2012	62	515,9	53,588	0,771	0,440
Kalteneck	Ilz	Německo	1932-2012	81	700,8	68,754	3,597	0,000
Kötzting	Weisser Regen	Německo	1948-2012	65	728,5	84,470	1,483	0,138
Linden	Wolfsteiner Ohe	Německo	1951-2012	62	934,5	51,195	1,160	0,246
Schönberg	Grosse Ohe	Německo	1955-2012	58	793,2	80,973	1,456	0,145
Teisnach	Grosse Regen	Německo	1932-2011	80	680,6	66,307	3,050	0,002
Furthmühle	Grosse Mühl	Rakousko	1952-2010	59	742,7	52,839	0,451	0,652
Hartmannsdorf	Steinerne Mühl	Rakousko	1957-2010	54	752,5	53,628	-1,708	0,088
Oberkappel	Ranna	Rakousko	1952-2010	57	690,8	84,426	-0,661	0,509
Obermühl	Kleine Mühl	Rakousko	1977-2010	34	600,0	70,778	-2,387	0,017
Rottenegg	Grosse Rodl	Rakousko	1962-2010	49	723,5	76,732	-2,948	0,003
Teufelmühle	Grosse Mühl	Rakousko	1952-2010	59	741,8	66,710	-0,144	0,886
Vorderanger	Grosse Mühl	Rakousko	1967-2010	44	761,4	83,461	-1,901	0,057
Zwettl	Diestlbach	Rakousko	1985-2010	26	767,6	51,346	-1,080	0,280
Zwettl	Grosse Rodl	Rakousko	1985-2010	26	764,8	48,610	-0,727	0,467

Data: ČHMÚ, DWD, HND Bayern, eHYD, ASTER GDEM

Tab. 35: Hodnoty odtokového koeficientu a jeho trend v období 1967 - 2010

Stanice	Vodní tok	Stát	Období	Počet let	Výška (m n.m.)	c (%)	MK-Stat	p-hodnota
Antýgl	Hamerský potok	Česká republika	1967-2010	44	1 098,1	64,041	0,708	0,479
Blanický mlýn	Blanice	Česká republika	1967-2010	44	890,3	34,583	-0,910	0,363
Bohumilice	Spůlka	Česká republika	1967-2010	44	799,8	32,262	-0,263	0,793
Kolinec	Ostružná	Česká republika	1967-2010	44	748,8	48,433	-2,569	0,010
Lenora	Teplá Vltava	Česká republika	1967-2010	44	1 013,4	51,178	-2,529	0,011
Modrava	Vydra	Česká republika	1967-2010	44	1 136,1	94,834	-1,396	0,163
Němětice	Volyňka	Česká republika	1967-2010	44	716,3	27,543	0,344	0,731
Podedvorský mlýn	Blanice	Česká republika	1967-2010	44	843,9	33,197	-1,881	0,060
Rejštejn	Otava	Česká republika	1967-2010	44	1 016,3	73,473	-0,263	0,793
Sušice	Otava	Česká republika	1967-2010	44	914,0	61,196	-0,890	0,373
Furth im Wald	Chamb	Německo	1967-2010	44	515,9	57,648	-2,144	0,032
Kalteneck	Ilz	Německo	1967-2010	44	700,8	76,855	-1,214	0,225
Kötzting	Weisser Regen	Německo	1967-2010	44	728,5	90,144	-2,347	0,019
Linden	Wolfsteiner Ohe	Německo	1967-2010	44	934,5	54,222	-1,719	0,086
Schönberg	Grosse Ohe	Německo	1967-2010	44	793,2	84,473	-0,890	0,373
Teisnach	Grosse Regen	Německo	1967-2010	44	680,6	72,465	-1,740	0,082
Furthmühle	Grosse Mühl	Rakousko	1967-2010	44	742,7	57,094	-1,861	0,063
Hartmannsdorf	Steinerne Mühl	Rakousko	1967-2010	44	752,5	53,165	-1,780	0,075
Rottenegg	Grosse Rodl	Rakousko	1967-2010	44	723,5	75,926	-2,893	0,004
Teufelmühle	Grosse Mühl	Rakousko	1967-2010	44	741,8	68,041	-2,670	0,008
Vorderanger	Grosse Mühl	Rakousko	1967-2010	44	761,4	83,461	-1,901	0,057

Data: ČHMÚ, DWD, HND Bayern, eHYD, ASTER GDEM

KAPITOLA 5

Diskuze

Hlavním cílem této práce bylo zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska. Pro tyto účely byly použity rozličné statistické metody, zejména testy absolutní a relativní homogenity. Byla rovněž aplikována orografická metoda pro zjištění závislosti srážek na nadmořské výšce a identifikace efektu návětrí a závětrí.

Bylo pracováno s časovými řadami průtoků a srážek, konkrétně jejich měsíčními a ročními průměry a minimy v případě průtoků a úhrny v případě srážek. Důvodem byla především motivace co nejlépe zachytit dlouhodobé trendy a také lepší dostupnost těchto dat i softwaru, který s nimi může efektivně pracovat. Měsíční data se rovněž jeví jako nejvhodnější pro orografickou interpolaci, protože s rostoucím časovým měřítkem se nejlépe projeví změna množství srážek s nadmořskou výškou. (Královec, 2009)

Problémy často činila nestejná délka časových řad. Muselo se tedy řešit, zda využít vždy celou řadu, nebo pro větší názornost časové řady zkrátit na stejnou délku. Pro možnost porovnání bylo několikrát využito obou přístupů, aby se mohly projevit i jinak nepostřehnutelné trendy (např. kap. 4.2.3).

Další potíž představovala chybějící data, nejčastěji během druhé světové války. Takové řady byly doplňovány, jen pokud existovala poblíž stanice bez výpadku, navíc se silnou závislostí s první stanicí a zároveň nebyl výpadek delší než dva roky. Z toho vyplývá, že najít takovou stanici bylo téměř nemožné, takže chybějící data většinou doplňována nebyla. Bohužel pak muselo dojít k useknutí takové řady a použití jen její celistvé části např. pro test homogenity. Řada stanic, zejména na území Rakouska, měla rovněž příliš krátké časové řady, takže nebyla použita, přestože by dobře reprezentovala své okolí. Některé vodoměrné stanice sice byly pro analýzu použity, ale jejich trend průtoků je třeba brát vzhledem ke krátkým řadám s rezervou (např. u stanice Zwettl).

Pokud jde o testy homogenity, Pettittův test, který se zde jeví jako citlivější a přesnější oproti jiným obdobným testům, ukázal nehomogenitu v případě sezónních srážek. Jeho výsledky se částečně shodují s dříve testovanými českými stanicemi pomocí součtových čar (Fiala, 2012). Zejména v případě červencových srážek se při použití Pettittova testu prokázala nehomogenita téměř u všech českých stanic, zejména

v 70. letech. Vzhledem k absenci těchto nehomogenit v případě německých a rakouských stanic by se mohlo jednat o projev orografického efektu, který je v létě nejsilnější (viz kap. 4.3).

Jako nejvhodnější vzorová stanice pro testování relativní homogenity se ukázala Modrava, jejíž absolutní homogenita je největší ze všech českých stanic, což už dříve prokázala metoda součtových čar (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009; Fiala, 2012) i testy absolutní homogenity (viz kap. 4.1.2). Původně byla jako druhá vzorová uvažována stanice Teisnach, která se podle testu absolutní homogenity jevila jako vhodný doplněk k Modravě, ale zejména v případě minimálních průtoků se ukázala jako nevhodná.

Analýza trendů srážek pomocí Mann - Kendallova testu ukázala u většiny stanic nárůsty měsíčních srážek v únoru a březnu (zejména v Rakousku) a poklesy v dubnu (převážně stanice v ČR a Německu). V případě průtoků se nejčastěji jednalo o nárůsty měsíčních průtoků v březnu a dubnu (převážně stanice v Německu) a poklesy v květnu až srpnu (převážně v Rakousku). Na první pohled se jedná o rekci nárůstu průtoků na nárůst srážek a totéž v případě poklesů. Neobvyklé však je, že zatímco se některé trendy projeví v Německu, v Rakousku už nebyly statisticky významné (opačně to platilo také). Trendy u obou zemí se částečně srovnají, pokud použijeme u všech stanic stejné časové období.

Mann - Kendallův použili v roce 2011 pro analýzu měsíčních průtoků a úhrnů srážek v povodích Vydry, Ostružné a Blanice Z. Kliment, M. Matoušková a V. Královec z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a O. Ledvinka z ČHMÚ. Také prokázali vzestup průtoků v únoru a březnu a poklesy v květnu až červenci a v případě srážek částečný vzestup úhrnů v únoru a pokles v červnu (Kliment, Matoušková, Ledvinka, Královec, 2011). Částečný rozdíl ve velikosti trendů a jejich statistické významnosti oproti této práci může být způsoben rozdílnými obdobími pozorování. Zatímco výše zmiňovaní autoři analyzovali průtoky a srážkové úhrny v letech 1962 - 2008, v této práci byly analyzovány průtoky na všech stanicích již od počátku měření.

Podobné výsledky ukázala i studie porovnávající šumavská povodí Vydry a Grosse Ohe, kde se rovněž projeví nárůsty průtoků v březnu ve vazbě na nárůst teplot vzduchu a srážkových úhrnů v tomto období, neprokázala se zde však významná souvislost ze změnami v land-use (Bernsteinová et al., 2015).

Trendy ročních a měsíčních průtoků v ČR letech 1961 - 2005 analyzoval v roce 2008 Theodor Fiala z ČHMÚ. Pro celé jihozápadní Čechy prokázal vzestup průměrných

ročních průtoků. Ve shodě s touto prací prokázal také výrazné vzestupy březnových a poklesy červnových měsíčních průtoků (Fiala, 2008). Rozdíly ve velikosti trendu mohou být opět způsobeny odlišnou délkou doby pozorování.

Tento test byl použit například pro detekci trendu měsíčních i sezónních dat teplot, srážek i průtoků ve Švýcarsku. Umožnil tak identifikovat významné úbytky srážek na jaře a nárůsty v zimě a počátkem jara v návaznosti na vzestup teplot vzduchu, na což reaguje i vzestup průtoků ve stejném období (Birsan et al., 2005).

Pokud jde o orografický efekt, vyskytují se zde značné sezonní výkyvy, které by mohly zkreslit výsledné hodnoty. Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější pro výpočet srážek na plochu povodí jeví zejména roční průměry nebo úhrny. Důvod těchto sezónních rozdílů vysvětluje ve své práci Lejsková (2000), která uvádí, že množství orografických srážek závisí nejvíce na obsahu vlhkosti a stabilitě vzduchové hmoty. Tato vlastnost se nejvíce projevuje v létě, kdy je vzduch dostatečně teplý, aby na horských překážkách vyvolal konvekční pohyby. Z konvekční oblačnosti také obvykle vypadávají nejsilnější srážky. (Lejsková, 2000). V případě trendů odtokového koeficientu se projevíly velmi rozdílné výsledky v případě stejně dlouhé doby pozorování na rozdíl od maximální délky časových řad. Může to být způsobeno různou délkou časových řad jako v případě srážek a průtoků, kde však rozdíly v trendech nebyly tak velké.

Orografický efekt Šumavy ve své práci také zmiňuje např. Prančl (1973), který analyzoval srážky v letech 1961 – 1970 nejen srážkové úhrny a jejich změny, ale také příčinné meteorologické situace. Uvádí, že rozhodující vliv na zvýšení srážek v horské oblasti Šumavy oproti podhůří mají západní a SZ situace a že nejvýraznější orografické zesílení srážek těchto situací je v zimě, kdy horské polohy dosáhnou až devítinásobku srážek v podhůří. Podle Prančla nejčastější výskyt zaznamenala srážková období se západním prouděním, v čemž se shoduje mj. s Huthem a Cahynovou (2007). Také oni uvádějí, že narůstá počet západních cyklonálních situací a ubývá četnost SV proudění. To může být příčinou, proč u německých stanic dochází k nárůstům zimních srážek, zatímco u českých ani rakouských stanic k tomu nedochází.

Celkově se zde však ukazují projevy změny klimatu v souvislosti se sezónními změnami ve srážkách a odtoku, zejména nárůstem extremity, které se podobně projevíly také v okolních státech (Hlavčová, Čunderlík, 1998) i napříč celou Evropou (Heino et al., 1999 a Hisdal et al., 2001).

KAPITOLA 6

Závěr

Tato práce ukázala, že v oblasti Šumavy docházelo a stále dochází k významným srážkovým a odtokovým změnám, na kterých se podílejí přírodní faktory, antropogenní faktory i disturbance. Často působí několik faktorů současně a je složité určit jejich míru vlivu na odtokový proces. Hlavní roli ve změně odtoku však hrají převážně změny ve srážkových úhrnech, především ty sezónní. Podstatným faktorem je rovněž změna krajinného pokryvu, zejména v případě českých povodí (úbytek orné půdy a nárůst plochy lesů). Významnou roli rovněž sehrály kůrovcové kalamity, které měly za následek dočasný úbytek lesů ve vrcholových partiích Šumavy na české i německé straně. Vliv kůrovcových kalamit na odtok v oblasti Šumavy podrobněji zkoumala ve své práci např. Bartůňková (2011).

Potvrdila se hypotéza, že v nižších polohách docházelo k nejvýraznějším odtokovým změnám v 70. a 80. letech minulého století, jak ukázaly zejména testy absolutní i relativní homogenity. Nepotvrdily se však v tomto ohledu očekávané výraznější rozdíly mezi německými a českými povodími. Přestože v případě českých povodí došlo prokazatelně k výraznějším změnám krajinného pokryvu, hrály větší roli změny ve srážkách.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že se neliší období, kdy k podstatným změnám v odtoku došlo. Liší se především sezóna, na kterou tyto změny připadají, a také míra projevů těchto změn (síla trendu). Proto se na základě těchto faktů a také odlišné reakce srážek na změnu nadmořské výšky nebo výsledných hodnot odtokového koeficientu dá říci, že orografický efekt na Šumavě existuje, byť není pochopitelně tak silný jako v případě vysokých pásemných pohoří (Alpy, Skandinávské pohoří, atd.).

Tato práce může posloužit jako podklad pro další analýzu odtokových poměrů zejména na úrovni malých povodí. Otázkou pak může být, zda také na úrovni těchto malých povodí může rovněž existovat orografický efekt a do jaké míry se zde uplatňují změny v krajinném pokryvu. Může také přispět k poznatkům při protipovodňové ochraně a zvýšení retence vody v krajině. V souvislosti se současnou tendencí zvyšování retence vody v krajině a navrácení přírody do původního stavu tato práce umožňuje zaměřit se na místa nejvíce postižená lidskou činností a jejich následný návrat do přirozeného stavu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Tištěné publikace

AL-FARAJ, F. A. M. et al. (2014): *Sensitivity of surface runoff to drought and climate change: Application for shared river basins*. Water. 6. s. 3033-3048.

ALEXANDERSSON, A. (1986): *A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data*. Journal of Climatology. 6, 661-675.

ALEXANDERSSON, H., MOBERG, A. (1997): *Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends*. International Journal of Climatology. 17. s. 25-34.

BARTUŇKOVÁ, K. *Vliv lesních disturbance na dynamiku odtoku v oblasti centrální Šumavy*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2011. 116 s.

BASISTHA, A. et al. (2009): *Analysis of historical changes in rainfall in the Indian Himalayas*. International Journal of Climatology. 29. s. 555-572.

BERNSTEINOVÁ, J. et al. (2015): *Changes in runoff in two neighbouring catchments in the Bohemian Forest related to climate and land cover changes*. Journal of Hydrology and Hydromechanics 63. s. 342-352.

BIČÁROVÁ, S., HOLKO, L. (2013): *Changes of characteristics of daily precipitation and runoff in the High Tatra Mountains, Slovakia over the last fifty years*. Contributions to Geophysics and Geodesy. 43. s. 157-177.

BIRSAN, M.V. et al. (2005): *Streamflow trends in Switzerland*. Journal of Hydrology. 314. s. 312-329.

BRÁZDIL, R. (1986): *Variation of atmospheric precipitation in the C.S.S.R. with respect to precipitation changes in the European region*. Universita J. E. Purkyně, Brno, 169 s.

BRONSTERT, A. et al. (2002): *Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities*. Hydrological processes. 16. s. 509-529.

BUCHTELE, J. (1991): *Změny odtokového režimu v důsledku klimatické variability*. Vodní hospodářství, 11.

BUISHAND, T.A. (1981): *The analysis of homogeneity of long-term rainfall records in The Netherlands*. R. Neth. Meteorol. Inst. (K.N.M.I.), De Bilt, Sci. Rep, 81, 7.

BUISHAND, T.A. (1982): *Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records*. J. Hydrol., 58, 11-27.

BURN, D. H., ELNUR, M. A. H. (2002): *Detection of hydrologic trends and variability*. Journal of Hydrology. 255. s. 107-122.

BURN, D. H., CUNDERLIK, J. M. (2004): *Hydrological trends and variability in the Liard River basin*. Hydrological Sciences Journal. 49. s. 53-67.

CAHYNOVÁ, M., HUTH, R. (2007): *Trendy v kalendáři povětrnostních situací HMÚ/ČHMÚ v období 1946-2002*. Meteorologické zprávy. 60. č.6, s. 175-182.

CRADDOCK, J.M. (1979): *Methods of Comparing Annual Rainfall Records for Climatic Purposes*. Weather, 34, 332-346.

DANNEBERG, J. (2012): *Changes in runoff time series in Thuringia, Germany – Mann-Kendall trend test and extreme value analysis*. Advances in Geosciences. 31. s. 49-56.

EASTERLING, D. R., PETERSON, T. C., KARL, T. R. (1996): *On the development and use of homogenized climate data sets*. J. Climate, 9, 1429-1434.

ECKHARD, K; ULBRICH, U. (2003): *Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range*. Journal of Hydrology. 284, 244 – 252.

FIALA, O. *Změny odtokového režimu v oblasti Šumavy*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2012. 70 s.

FIALA, T. (2008): *Statistical characteristics and trends of mean annual and monthly discharges of czech rivers in the period 1961–2005*. Journal of hydrology and hydromechanics, 56, č. 2, s. 133 - 140.

GERSTENGARBE, F. W. et al. (2003): *Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forstund Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven*. PIK Report. PIK. Potsdam. 79 s.

GRAHAM, P. (2004): *Climate change effects on river flow to the Baltic sea*. Ambio. 33. s. 235-241.

HEINO, R. et al. (1999): *Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe*. Climatic change. 42. s. 151-181.

HISDAL H. et al. (2001): *Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent?* International journal of climatology. 21. s. 317-333.

HLAVČOVÁ, K., ČUNDERLÍK, J. (1998): *Impact of climate change on the seasonal distribution of runoff in mountainous basins in Slovakia*. Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters, 248. s 39 – 46.

HUTCHINSON, M. F. (1995): *Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines*. International journal of Geographical Information Systems. 9. s. 385-403.

CHALUŠOVÁ, J. (2004): *Vliv fyzickogeografických faktorů na časový a prostorový výskyt povodní v povodí Labe*. Disertační práce. PřF UK. Praha. 133 str.

CHUA, S. H., BRAS, R. L. (1982): *Optimal estimators of mean areal precipitation in regions of orographic influence*. Journal of Hydrology. 57. s. 23-48.

JOHANSSON, B., CHEN, D. (2003): *The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden*. International journal of Climatology. 23. s. 1523-1535.

KACZMAREK, Z. (1996): *Climate change impacts on the water supply system in the Warta River catchment, Poland*. International Journal of Water Resources, 12, 2, 165 – 180.

- KAHYA, E., KALAYCI, S. (2004): *Trend analysis of streamflow in Turkey*. Journal of Hydrology. 289. s. 128-144.
- KAŇOK, J. (1997): *Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kožle*. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity. 103. PŘF OU. Ostrava. 188 str.
- KARMESHU, N. *Trend detection in annual temperature and precipitation using the Mann-Kendall test*. Philadelphia: University of Pennsylvania, 2012. 47 s.
- KAŠPÁREK, L. et al. (2006): *Climate Change and Water Regime in the Czech Republic*. VÚV TGM. Praha. 80 str.
- KAŠPÁREK, L. (2009): Analýza citlivosti hydrologické bilance na změny srážek a relativní vlhkosti vzduchu při zvyšování teploty vzduchu. Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 51, č. 1, s. 3 - 5.
- KRÁLOVEC, V. *Změny srážko-odtokových poměrů v povodí horní Opavy: Changes of rainfall-runoff conditions in the Upper Opava River basin*. Praha, 2009. 125 s.
- KHALIQ, M. N., OUARDA, T. B. M. J. (2007): *Short Communication. On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)*. International Journal of Climatology. 27. s. 681-687.
- KIELY, G. et al. (1998): *Recent trends in diurnal variation of precipitation at Valentia on the west coast of Ireland*. Journal of Hydrology. 207. s. 270-279.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005a): *Trendy ve vývoji odtoku v povodí Otavy*. Geografie – Sborník ČGS. 110. č.1. ČGS. Praha. s. 32-45.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005b): *Změny ve vývoji odtoku ve vybraných povodích horské a podhorské Šumavy*. Sborník VI. Česko-slovenské konference Hydrologické dny 2005. Bratislava. s. 370-388.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007): *Změny ve vývoji odtoku v pramenných oblastech Otavy v kontextu vlivu člověka a změny klimatu*. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko*. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PŘF UK. Praha. s. 95-103.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2009): *Runoff changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the foothill regions: Extent of influence by human impact and climate change*. Water Resources Management. 23. s. 1813-1834.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., LEDVINKA, O., KRÁLOVEC, V. (2011): *Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech republic*. Journal of hydrology and hydromechanics, 59, č. 1, s. 36 - 50.
- KULASOVÁ, B. et al. (1996): *Homogenita a antropogenní ovlivnění průtokových řad 1931-1990*. Výzkumná zpráva úkolu 43/210. ČHMÚ. Praha. 125 str.
- LEDVINKA, O. (2008): *Trendy srážko-odtokového režimu v povodí Rolavy*. Diplomová práce. PŘF UK. Praha. 122 str.
- LEJSKOVÁ, K. (2000): *Srážky v jihočeské části Šumavy v období 1961 - 95*. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF UK, Praha.

- LIBISELLER, C. (2004): *MULTMK/PARTMK. A Program for the computation of multivariate and partial Mann-Kendall test*. LIU. Linköping. 18 str.
- MPELASOKA, F. S., CHIEW, F. H. S. (2009): *Influence of rainfall scenario construction methods on runoff projections*. Journal of hydrometeorology, 10, s. 1168 - 1183.
- PETTIT, A.N. 1979. *A non-parametric approach to the change-point problem*. App. Statist., 28, no. 2: 126-135.
- PFISTER, L. et al. (2004): *Climate change, land use and runoff prediction in the Rhine – Meuse basins*. River research and applications. 20. s. 229-241.
- PRANČL, K. *Srážková období šumavské a pošumavské oblasti*. Praha, 1973. 33 s.
- PROBST, J. L. (1989): *Hydroclimatic fluctuations of some european rivers since 1800*. Historical change of large alluvial rivers. Western Europe. 3. s. 41-55.
- RADZIEJEWSKI, M., KUNDZEWICZ, Z. W. (2004): *Detectability of changes in hydrological records*. Hydrological Sciences Journal. 49. s. 39-51.
- SALAS, J. D. (1993): *Analysis and modeling of hydrologic time series*. Chapter 19. In: Maidment, D. R. (ed.): Handbook of hydrology. The McGraw Hill. 72 str.
- ŠERCL, P. (2008): *Hodnocení metod odhadu plošných srážek*. Meteorologické zprávy. 61. č.2, s. 33-43.
- ŠMÍDOVÁ, J. (2009): *Analýza mechanismu vzniku povodní v povodí Opavy po profil Opava*. Diplomová práce. PřF UK. Praha.
- ŠTĚPÁNEK, P. (2004): *Homogenizace teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových pozorování*. Práce a studie. seš. 32. ČHMÚ. Praha. 58 str.
- TREML, P. (2010): *Nejvýznamnější období sucha v letech 1956 - 2009 na území České republiky*. Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 52, č. 1, s. 13 - 16.
- TOŠIĆ, I. (2004): *Spatial and temporal variability of winter and summer precipitation over Serbia and Montenegro*. Theoretical and Applied Climatology. 77. s. 47-56.
- XIONG, L., GUO, S. (2004): *Trend test and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station*. Hydrological Sciences Journal. 49. s. 99-112.
- YUE, S. et al. (2002): *Power of the Mann-Kendall an Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series*. Journal of Hydrology. 259. s. 254-271.
- ZOLINA, O., C. SIMMER, A. KAPALA, S. BACHNER, S. GULEY, H. MAECHET (2008): *Seasonally dependent changes of precipitation extremes over Germany since 1950 from a very dense observational network*, J. Geophys. Res. 113. s. 1-27.
- ZIMMERMANN, L. et al. (2000): *Influence of bark beetle infestation on water quality and quantity in Grose Ohe catchment (Bavarian Forest National Park)*. Silva Gabreta. 4. s. 51-62.
- ZVERYAJEV, I. I. (2006): *Seasonally varying modes in long-term variability of European precipitation during the 20th century*, J. Geophys. Res., 111.

Internetové zdroje

ARC EUROPE: *Arcdata Praha - geografické informační systémy* [online]. 2014 [cit 2014-01-11]. Dostupné z URL: <http://www.arcdata.cz/>.

ASTER GDEM: *Japan Space Systems*. [online]. 2014 [cit 2014-02-21]. Dostupné z URL: <http://gdem.ersdac.jp/spaceSystems.or.jp/index.jsp>.

ASTER GDEM: *Japan Space Systems*. [online]. 2009 [cit 2014-07-20]. Dostupné z URL: <http://www.jpspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/2.html>.

DIBAVOD: *Oddělení geografických informačních systémů a kartografie V. Ú. V. T. G. M.* [online]. 2014 [cit 2014-01-15]. Dostupné z URL: <http://www.arcdata.cz/>.

EEA: European Environment Agency. [online]. 2014 [cit 2014-04-11]. Dostupné z URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>.

EHYD: *Zugang zu hydrographische Daten Österreichs*. [online]. 2014 [cit 2014-01-15]. Dostupné z URL: <http://ehyd.gv.at/>.

ESRI: Maps and map layers [online]. 2013 [cit 2013-09-15]. Dostupné z URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline/maps/maps-and-map-layers>.

DWD: *Deutscher Wetterdienst*. [online]. 2014 [cit 2014-05-25]. Dostupné z URL: <http://www.dwd.de>.

GRIMVALL, A., LIBISELLER, C. (2003): MULTMK/PARTMK - a Visual Basic program for multivariate and conditional Mann-Kendall tests. [online]. 2014 [cit 2013-01-15]. Dostupné z URL: http://www.yangtzeFloods.net/AEoooErIAEi1P/Mann-Kendall_test.xls

HND. *Hochwassernachrichtendienst*. [online]. 2014 [cit 2014-03-20]. Dostupné z URL: <http://www.hnd.bayern.de>.

Hydrologická databáze. ČHMÚ. Praha. 2012.

Klimatologická databáze CLIDATA. ČHMÚ. Praha. 2012.

ŠTĚPÁNEK, P. (2003): AnClim – Software for time series analysis (for Windows). 2014 [cit 2014-02-17]. Dostupné z URL: <http://www.climahom.eu>.

Zdroje dat

ASTER GDEM. JSS. Tokio. 2009

Corine Land Cover. MŽP. Praha. 2006

Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD. VÚV TGM. Praha. 2007

DWD. Deutscher Wetterdienst. Offenbach. 2014

EHYD. Zugang zu hydrographische Daten Österreichs. Wien. 2014

HND. Hochwassernachrichtendienst. München. 2014

Hydrologická databáze. ČHMÚ. Praha. 2012.

Klimatologická databáze CLIDATA. ČHMÚ. Praha. 2012.

Web Werdis. DWD. Offenbach. 2014

World Topographic Map. ArcGIS online. 2013

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	vysvětlení
Arc Europe	digitální geografická databáze dat Evropy určená pro program ArcGIS
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - japonská družice vypuštěná do kosmu v roce 1999
CORINE	Coordination of Information an the Environment - Koordinace informací o životním prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMR	digitální model reliéfu
DWD	Deutscher Wetterdienst - Německý meteorologický ústav
EEA	European Environment Agency - Evropská agentura pro životní prostředí
Ehyd	hydrologická databáze Ministerstva životního prostředí Rakouska
GDEM	Global Digital Elevation Model - globální digitální výškový model
GIS	Geografické informační systémy
GPS	Global Positioning System - Globální polohový systém
GTOPO30	digitální výškový model s rozlišením 30 úhlových vteřin (cca 1 km)
H, Hr, Hm	Srážkové úhrny roční, měsíční
HND Bayern	Hochwassernachrichtendienst Bayern - Bavorský hydrologický ústav
MK-S	Mann - Kendall statistic
MS	Microsoft
MULTMK/PARTMK	Multivariate Mann - Kendall / Partial Mann - Kendall
NAO	North Atlantic Oscilation - Severoatlantická oscilace
NASA	National Aeronautics and Space Administration . Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
Q, Qr, Qm	Průtoky roční, měsíční
SNHT	Standard Normal Homogeneity Test - standardní test homogeneity
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission - mezinárodní výzkumný program pro získání údajů nadmořských výšek pod záštitou NASA
WMS	Web Map Service - webová mapová služba

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměrná četnost (dny) a doba trvání jednotlivých synoptických typů	13
Tab. 2 Průměrná roční četnost (dny) a doba trvání skupin synoptických typů	14
Tab. 3 Plochy jednotlivých povodí v zájmové oblasti (km ²)	18
Tab. 4 Základní charakteristiky jednotlivých povodí	23
Tab. 5 Plochy a podíly všech složek krajinného pokryvu a jejich změny	31
Tab. 6 Plochy a podíly základních složek krajinného pokryvu a jejich změny	31
Tab. 7 Procentuální změny základních složek krajinného pokryvu v jednotlivých povodích v období 1990 – 2006	32
Tab. 8 Měsíční rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (mm)	35
Tab. 9 Měsíční rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)	36
Tab. 10 Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)	37
Tab. 11 Měsíční rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966-2009 (m ³ /s)	42
Tab. 12 Měsíční rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966-2009 (%)	42
Tab. 13 Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966 - 2009 (%)	44
Tab. 14 Základní údaje o srážkoměrných stanicích v zájmové oblasti	54
Tab. 15 Mann – Whitney - Pettitt test pro měsíční a roční srážky	57
Tab. 16 Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za české stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	59
Tab. 17 Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za německé stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	60
Tab. 18 Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za rakouské stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	61
Tab. 19 Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek v období 1972 - 2010	62
Tab. 20 Mann – Whitney - Pettitt test pro průměrné měsíční a roční průtoky	66
Tab. 21 Mann – Whitney - Pettitt test pro minimální měsíční a roční průtoky	67
Tab. 22 Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Modrava)	69
Tab. 23 Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Modrava)	69
Tab. 24 Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	70
Tab. 25 Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	71
Tab. 26 Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	72
Tab. 27 Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	72
Tab. 28 Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	73
Tab. 29 Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu	74
Tab. 30 Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009	76
Tab. 31 Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009	77
Tab. 32 Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009	78
Tab. 33 Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009	79
Tab. 34 Hodnoty odtokového koeficientu a jeho trend podle Mann-Kendallova testu	86
Tab. 35 Hodnoty odtokového koeficientu a jeho trend v období 1967 - 2010	86

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	<i>Lineární trendy sezónního počtu dní s daným typem cirkulace (1946 - 2002)</i>	14
Obr. 2	<i>Vymezení důležitých povodí v zájmové oblasti</i>	19
Obr. 3	<i>Výšková členitost zájmové oblasti</i>	21
Obr. 4	<i>Sklonitost svahů v zájmové oblasti</i>	24
Obr. 5	<i>Orientace svahů v zájmové oblasti</i>	25
Obr. 6	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 1990.....</i>	27
Obr. 7	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2000.....</i>	28
Obr. 8	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2006.....</i>	29
Obr. 9	<i>Krajinný pokryv v jednotlivých povodích v roce 2006.....</i>	30
Obr. 10	<i>Podíly základních složek krajinného pokryvu v letech 1990, 2000 a 2006.....</i>	31
Obr. 11	<i>Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce stanic (1971-2010).....</i>	34
Obr. 12	<i>Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971-2010 (%) - graf ..</i>	36
Obr. 13	<i>Sezonní rozložení srážek na jednotlivých stanicích v letech 1971 - 2010 (%)</i>	38
Obr. 14	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Prášíly (1962 – 2014).....</i>	39
Obr. 15	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Brennes (1962 – 2013).....</i>	40
Obr. 16	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Zwieslerwaldhaus (1949–2013).....</i>	41
Obr. 17	<i>Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966-2009 (%)– graf..</i>	43
Obr. 18	<i>Sezonní rozložení průtoků v jednotlivých povodích v letech 1966 - 2009 (%)</i>	45
Obr. 19	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Modrava (1949 – 2011).....</i>	46
Obr. 20	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Furth im Wald (1951 – 2012).....</i>	47
Obr. 21	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Obermühl (1977 – 2010).....</i>	48
Obr. 22	<i>Rozmístění srážkoměrných stanic v zájmové oblasti</i>	54
Obr. 23	<i>Rozmístění vodoměrných stanic v zájmové oblasti</i>	55
Obr. 24	<i>Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za jednotlivé stanice</i>	63
Obr. 25	<i>Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek v období 1972 – 2010.....</i>	64
Obr. 26	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků</i>	80
Obr. 27	<i>Trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v období 1966 - 2009.....</i>	81
Obr. 28	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků</i>	82
Obr. 29	<i>Trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v období 1966 – 2009</i>	83